

Energie moří a oceánů



Možné zdroje energie z moře

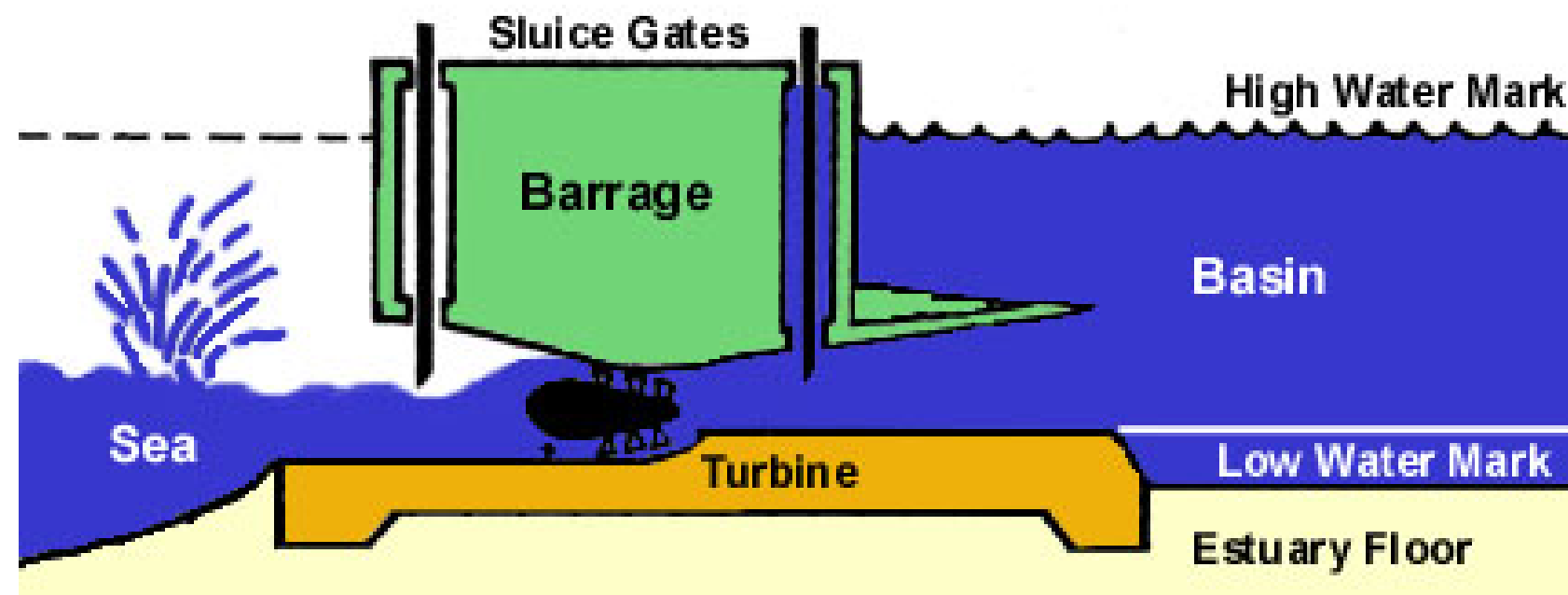
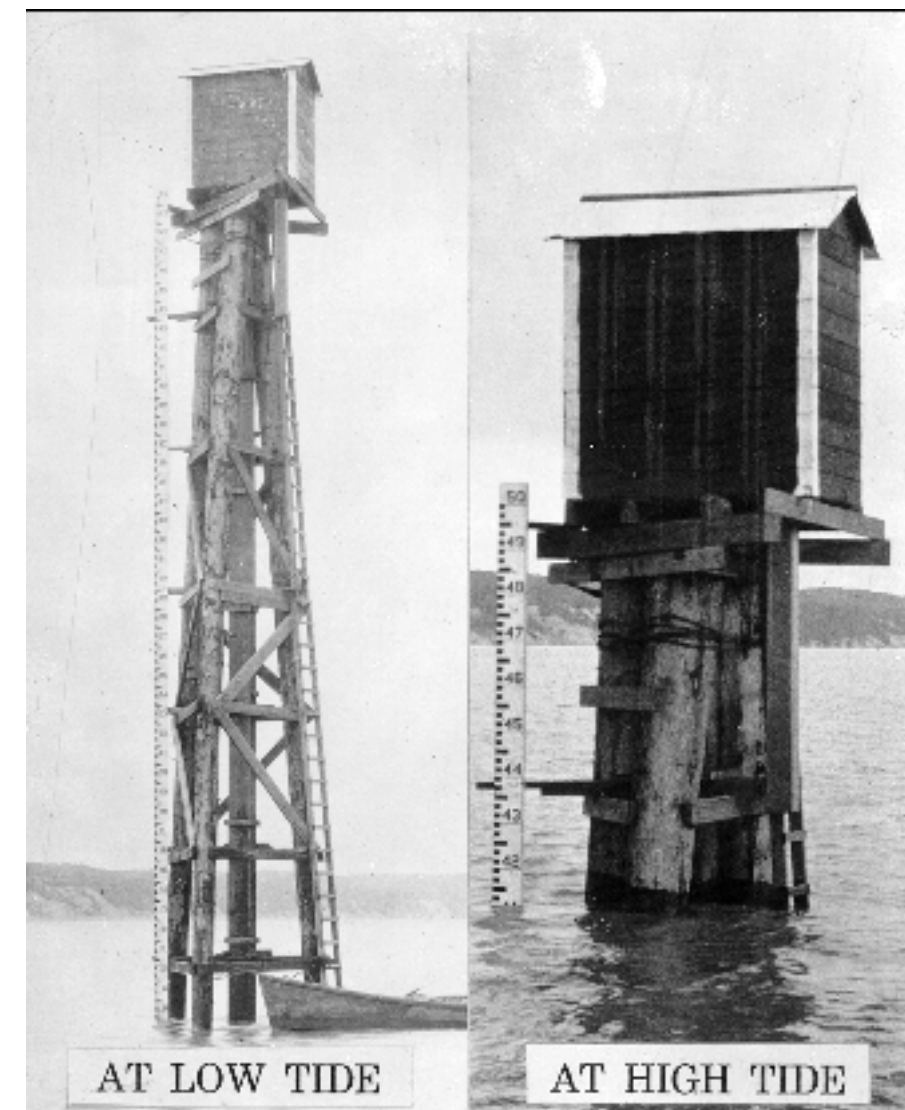
- E. dmutí – příliv a odliv (tidal power)
- E. vln (wave power)
- Termální energie (OTEC)
- E. mořských proudů (ocean currents)
- E. mořských větrů (ocean winds)
- (Gradient salinity)

- Fyzikální principy (příčiny)
- Historie využití energie
- Technologické principy
- Celkový potenciál
- Realizované a plánované projekty
- Vliv na životní prostředí
- Ekonomické zhodnocení

Energie z dmutí moře (příliv/odliv)

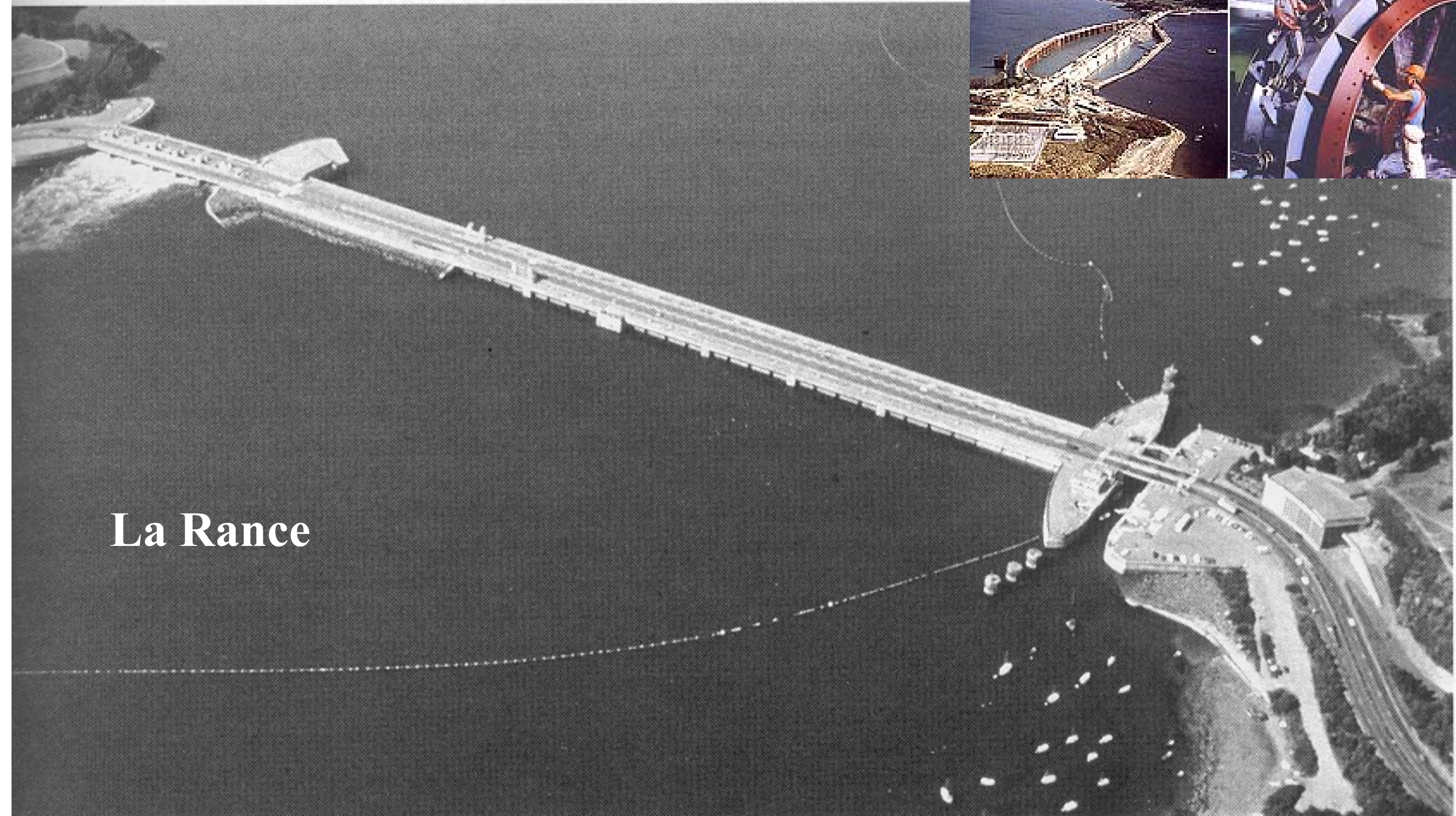
Příliv a odliv

- min. 5 m rozdíl hladin
- princip: potenciálová energie vody $\Rightarrow$ kinetickou
- Přílivové přehrady (tidal barrage)
- Přílivové proudy (tidal stream energy)



1966 spuštěna, plánován obousměrný provoz
EE, pumpování), využívá se jednosměrně (odliv)
10 horiz. kaplanových TU (á 544 GWh)
o průměru 5.35 m

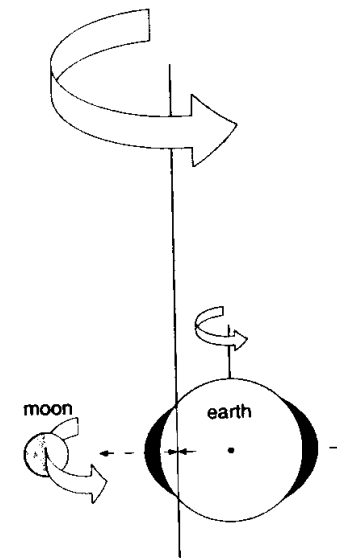
Figure 6.2 Aerial view of La Rance tidal scheme



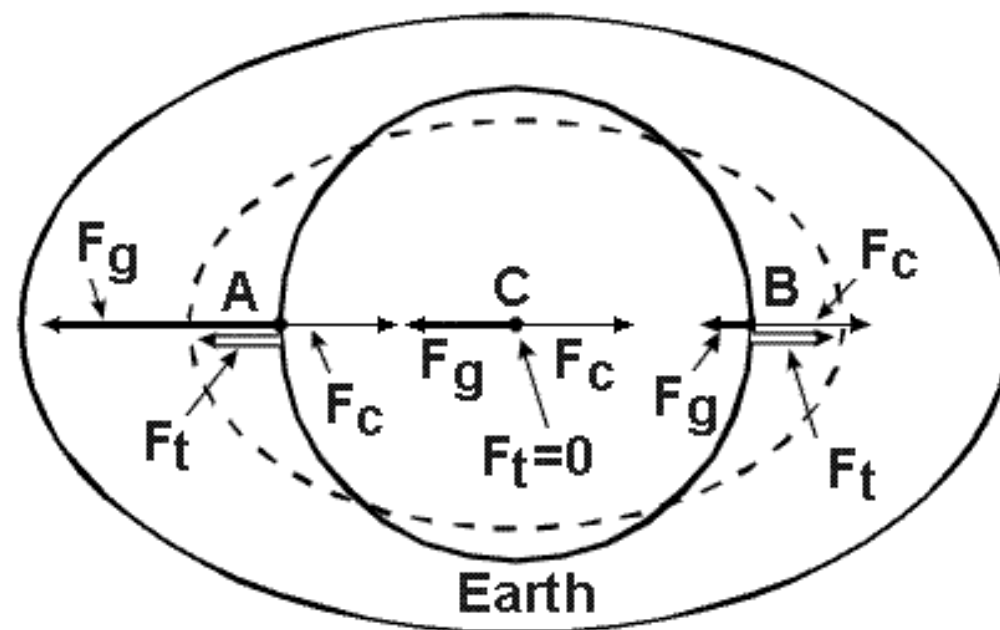
La Rance

Příčiny dmutí 1.

Type of Force	Designation
F_c = centrifugal force due to Earth's revolution around the barycenter	thin arrow
F_g = gravitational force due to the Moon	heavy arrow
F_t = the resultant tide-raising force due to the Moon	double shafted arrow



- Centrifugální síly
- Gravitační síly
- rotace Země
- 2 x příliv / 24.8 hod
- (24 hod 50 min)
- rozdíl 12.5 hodin
- 0.5 m oceány
- rotace Měsíce kolem Země – zpoždění přílivu (50'/den)



at	Relative Magnitude of the Forces Present
A	$F_g > F_c > F_t$
C	$F_g = F_c > 0$
B	$F_g < F_c > F_t$

A north-south cross-section through the Earth's center in the plane of the Moon's hour angle; the dashed ellipse represents a profile through the spheroid composing the tidal force envelope; the solid ellipse shows the resulting effect on the Earth's waters.



**Moon
(quarter phase)**

**hluchý příliv-dmutí
(slabý, kvadrurní příliv)**



Solar Tide

Lunar Tide



Neap Tides

- *Gravitační síly Slunce ~ 46.6% sil Měsíce*
- *Vlivem setrvačnosti a tření je nástup těchto maxim/minim zpožděn cca o 2 dny za fázemi Měsíce*

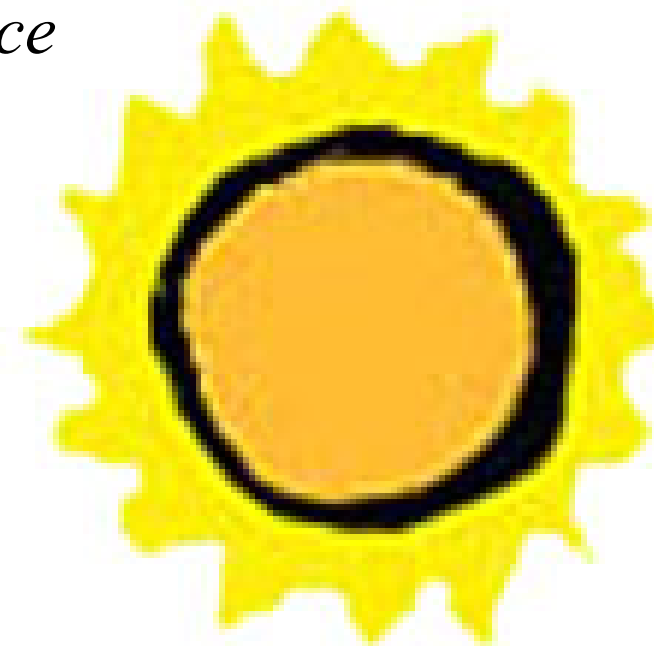


Solar Tide

Lunar Tide



**Moon
(full or new)**

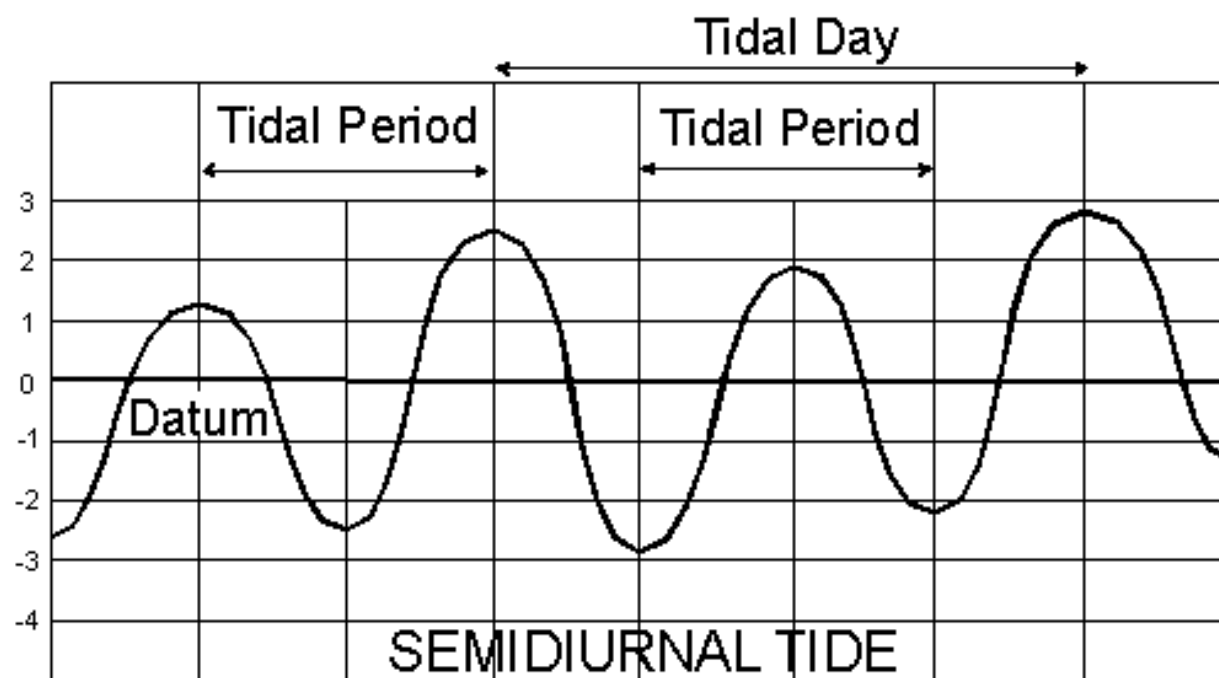


Spring Tides

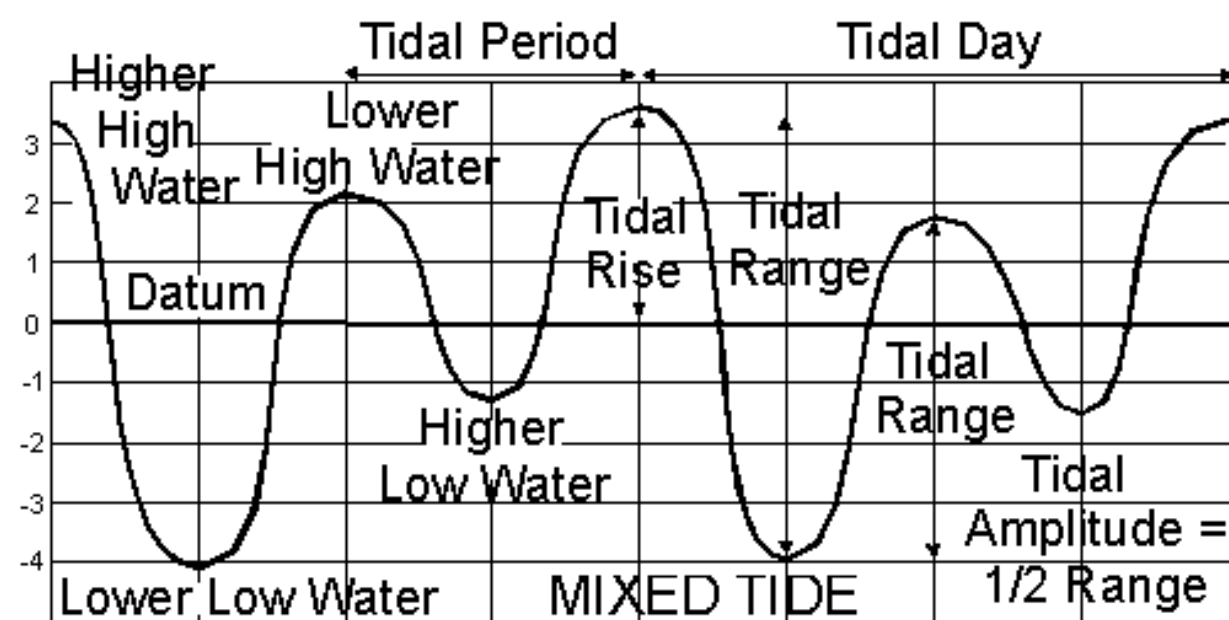
Skočný příliv-dmutí (nejvyšší příliv)

Tidal Height (in feet above or below the standard datum)

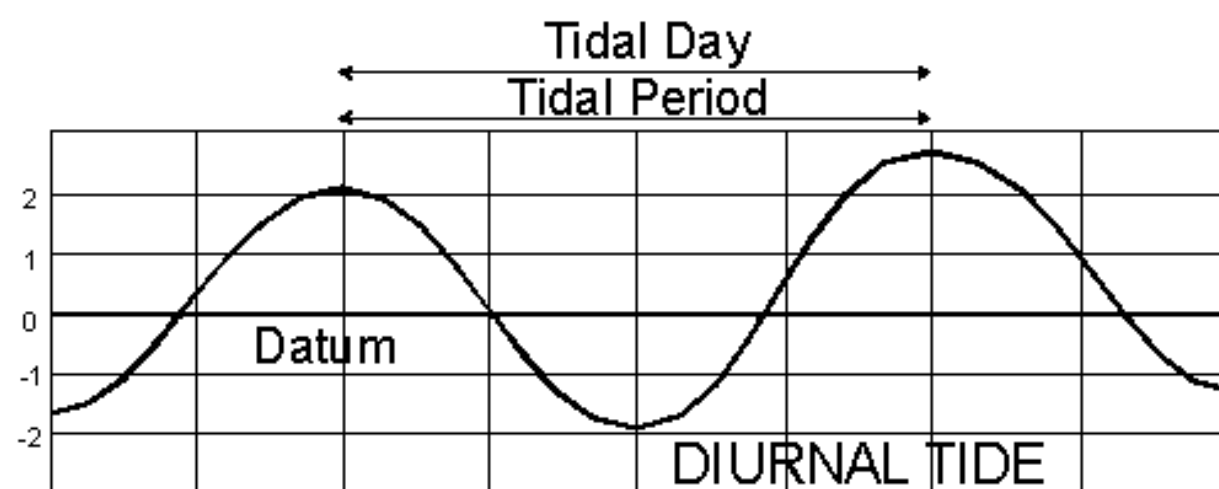
Distribution of Tidal Phases



Polodenní (2x za den)



Smíšený



Denní (1x)

Historie

- **Středověk – obilné mlýny na řekách (11 stol., Anglie, Francie, Španělsko, od 18 st. Belgie)**
- **1930s, 1960s, 1970s – různé projekty – z velké části se nerealizovaly**
- **1961-1967: Francie, La Rance, Bretoňsko (St. Malo) – 240 MW**
- **drobné projekty (cca 1980-1985):**
 - **Murmansk , Rusko (400kW)**
 - **Annapolis, Nové Skotsko, Kanada (18 MW) – experimentální**
 - **v. Čína**
- **nedávné projekty – zakonzervovány, opuštěny, neekonomické:**
 - **Severn (UK) – 8.6 GW (6 % spotřeby UK)**
 - **Humber (Indie)**
- **Žádná z průkopnických zemí nepokračuje v dalším rozvoji**
- **Do r. 2010 se celosvětově nepočítá se započítáním dalších staveb**

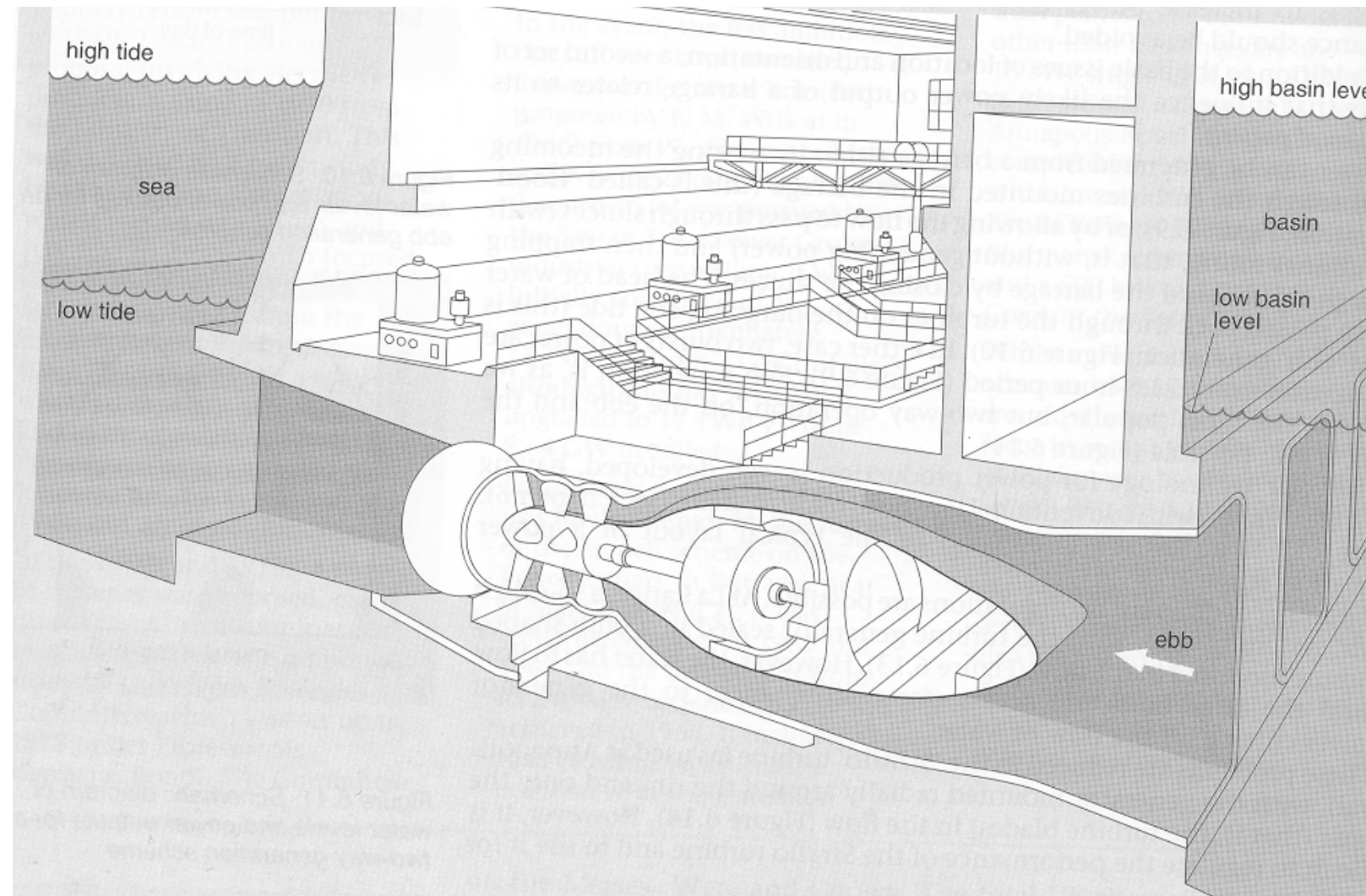
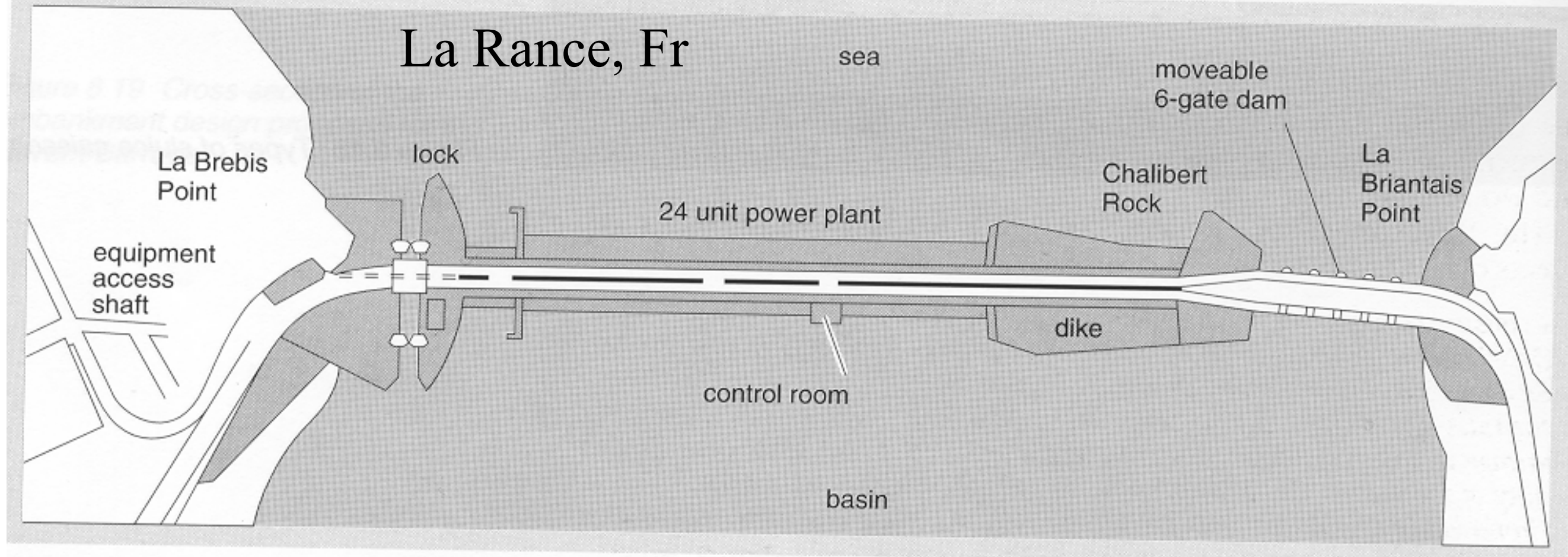
Konstrukční typy:

- **Přehradní systémy (tidal barrage)**
 - Pevné hráze většinou s kaplanovými turbinami (se zdržením vody)
 - Většina pokusů
 - La Rance (Fr.)
- **Přílivové proudy (v mělkých mořích)**
 - Přehradní hráze (tidal fence) – (bez zdržení vody)
 - Turbinové farmy
 - 5 kW (1990) Japonsko
 - 10 kW (1993) UK

Přehradní typy:

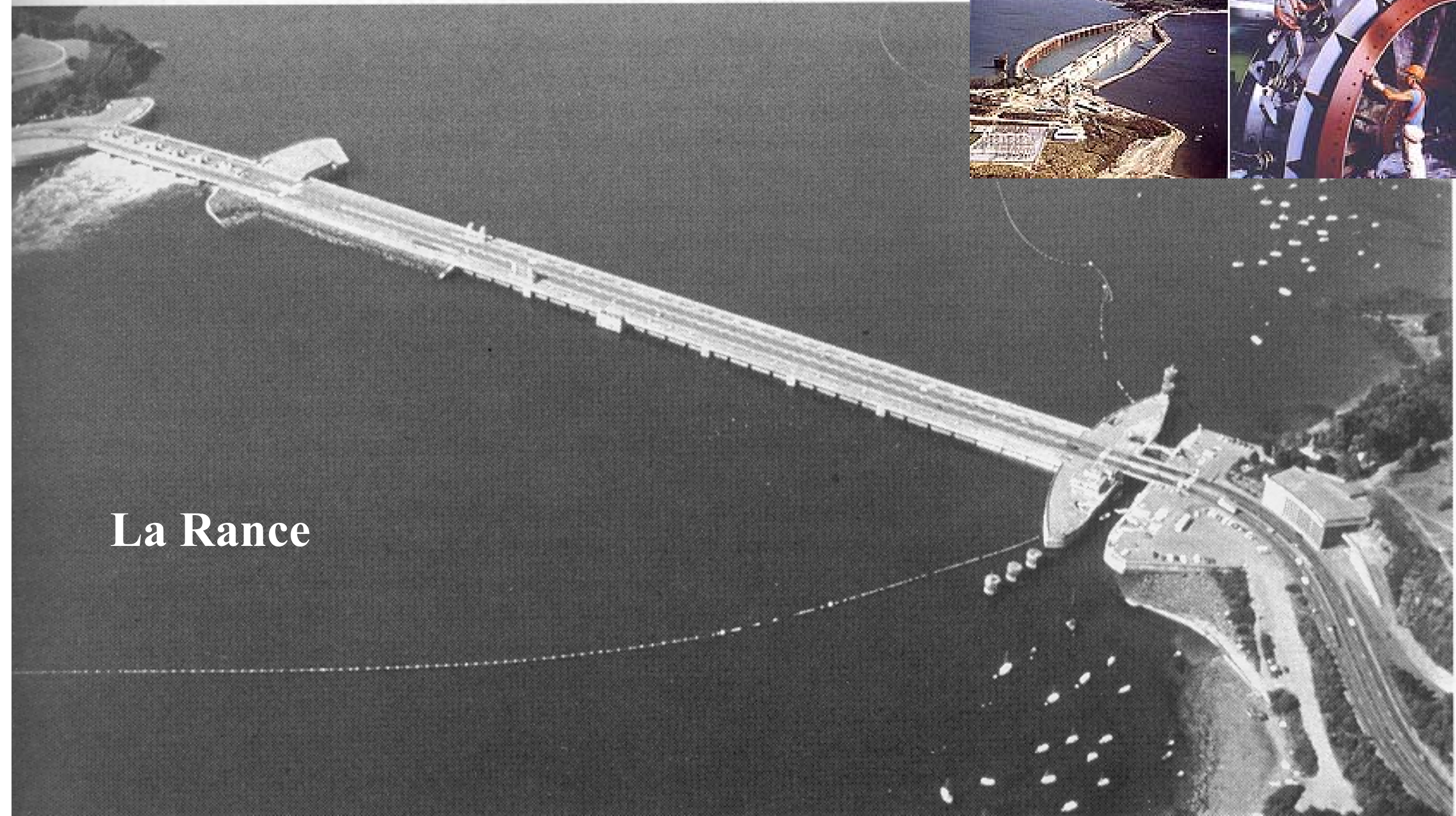
- **Založené na energii přílivu**
- **Založené na energii odlivu (častější)**
- **Turbíny, zdymadla, přehradní hráz**
- **Produkce EE: 5-6 hod (vysoký příliv), 3 hod (nízký příliv)**
- **Krátkodobá dostupnost energie (3-6 hodin/přílivovém cyklu)**
- **Vyšší využití:**
 - **smíšený typ 50:50**
 - **obousměrné turbíny – horší účinnost, vyšší náklady (10-15 %)**
 - **přílivové pumpy – (turbíny pracující též jako pumpy) – +/- větrné farmy**
 - **dvojitě bazény (přebytek energie využít na přečerpávání vody do druhého bazénu) – výrazně vyšší náklady**

La Rance, Fr



1966 spuštěna, plánován obousměrný provoz
EE, pumpování), využívá se jednosměrně (odliv)
10 horiz. kaplanových TU (á 544 GWh)
o průměru 5.35 m

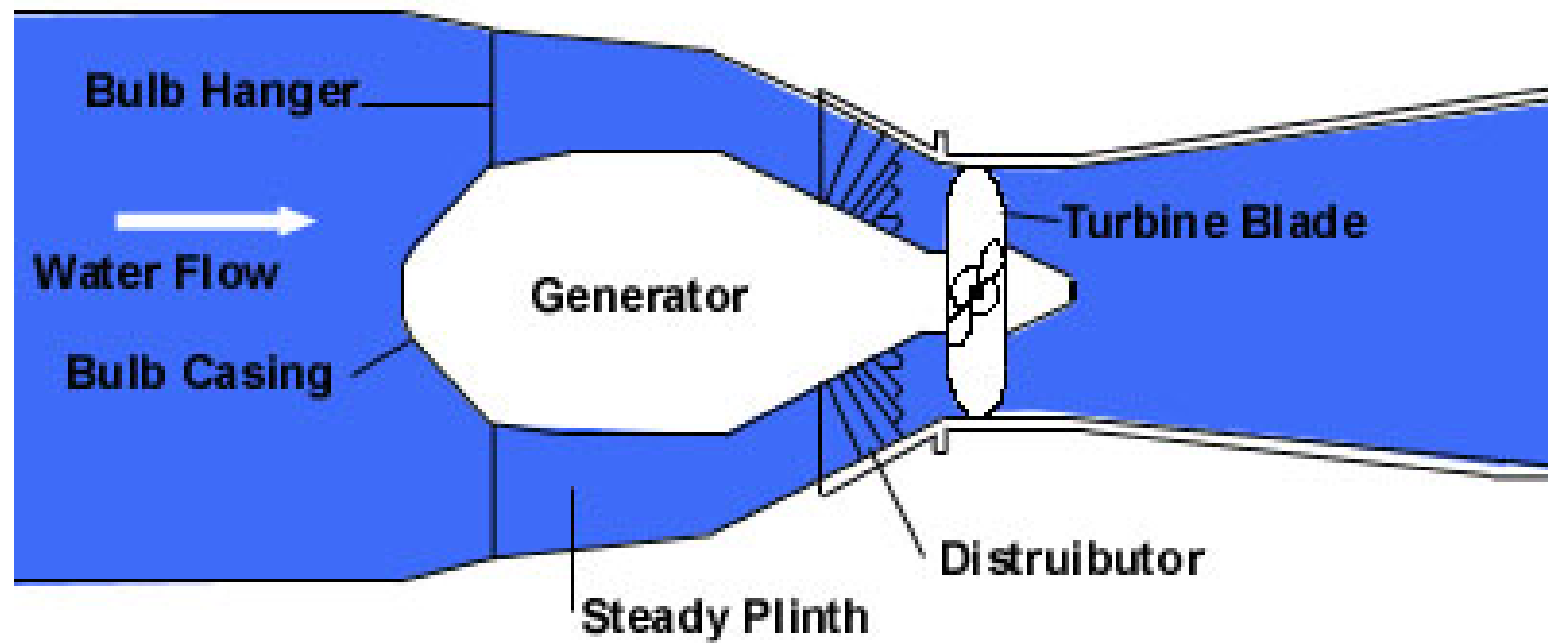
Figure 6.2 Aerial view of La Rance tidal scheme



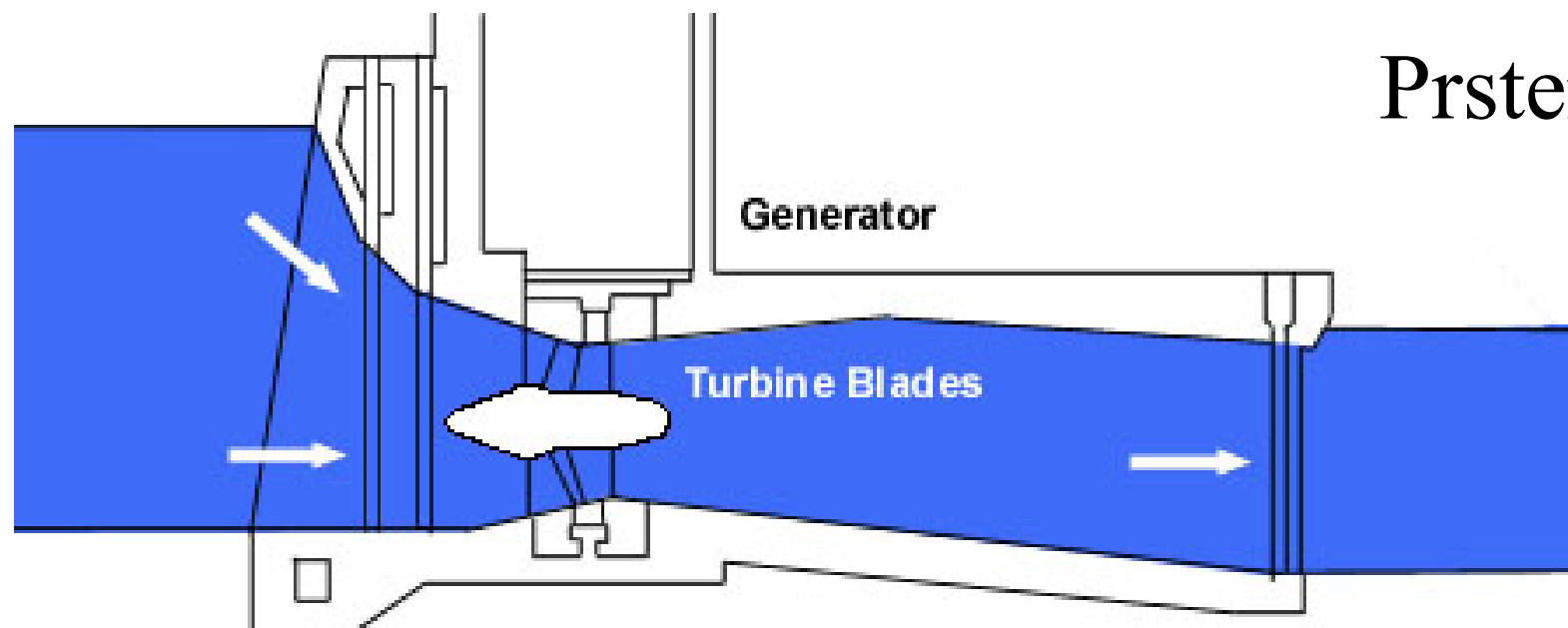
La Rance



Cibulovitá turbína (LaRance)

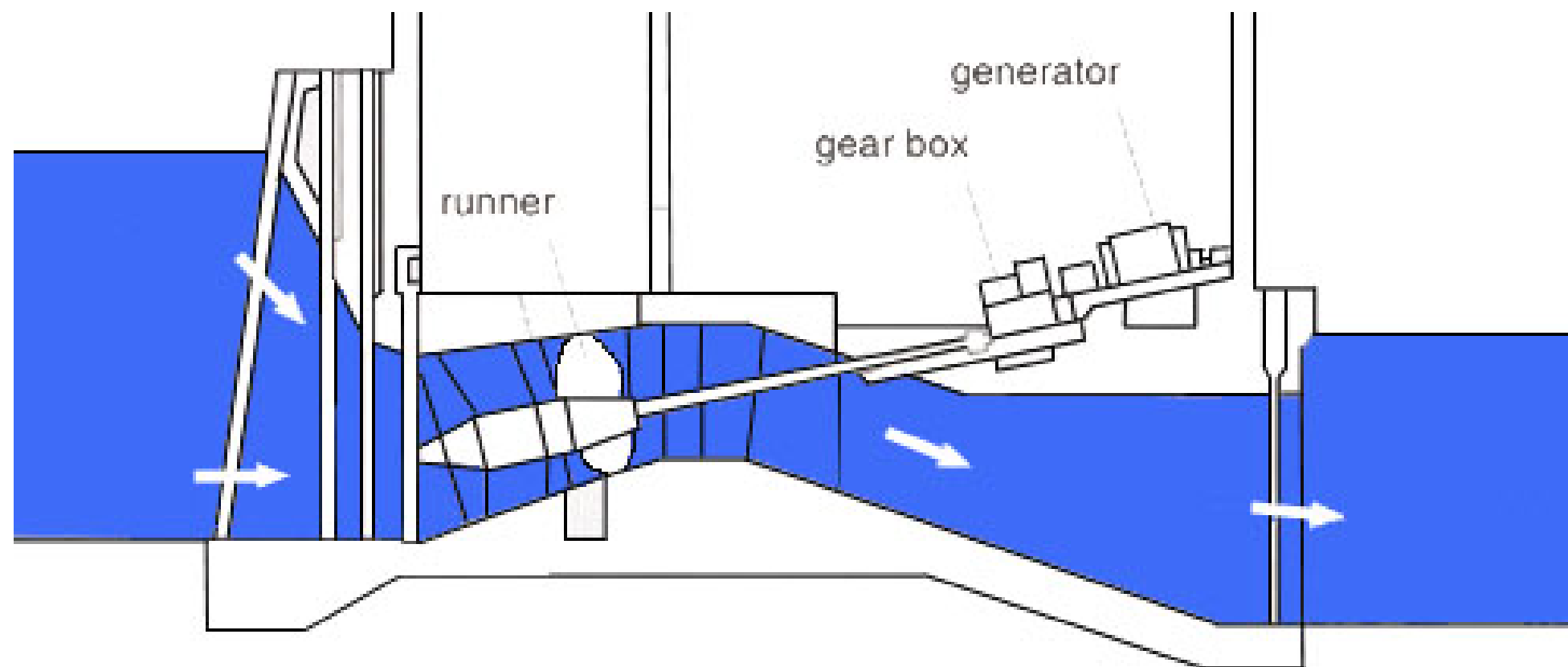


Voda kolem generátoru
- obtížná údržba
- vodotěsnost
+ pumpování ano



Prstencovitá turbína (Annapolis)

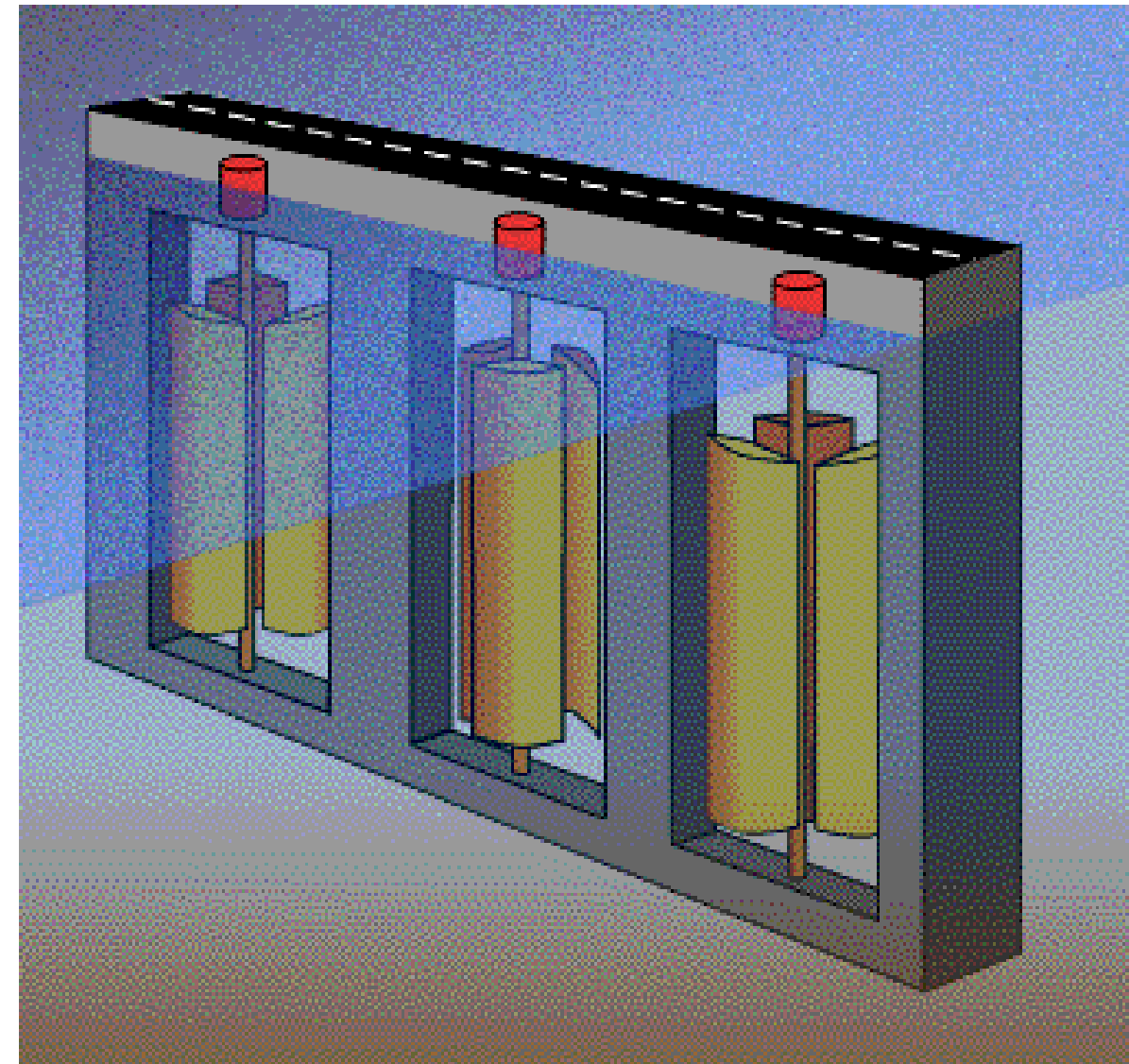
Generátor mimo
- pumpování ne



Trubkovitá turbína (Severn, UK)

Přílivové hráze (ploty) (Tidal fences)

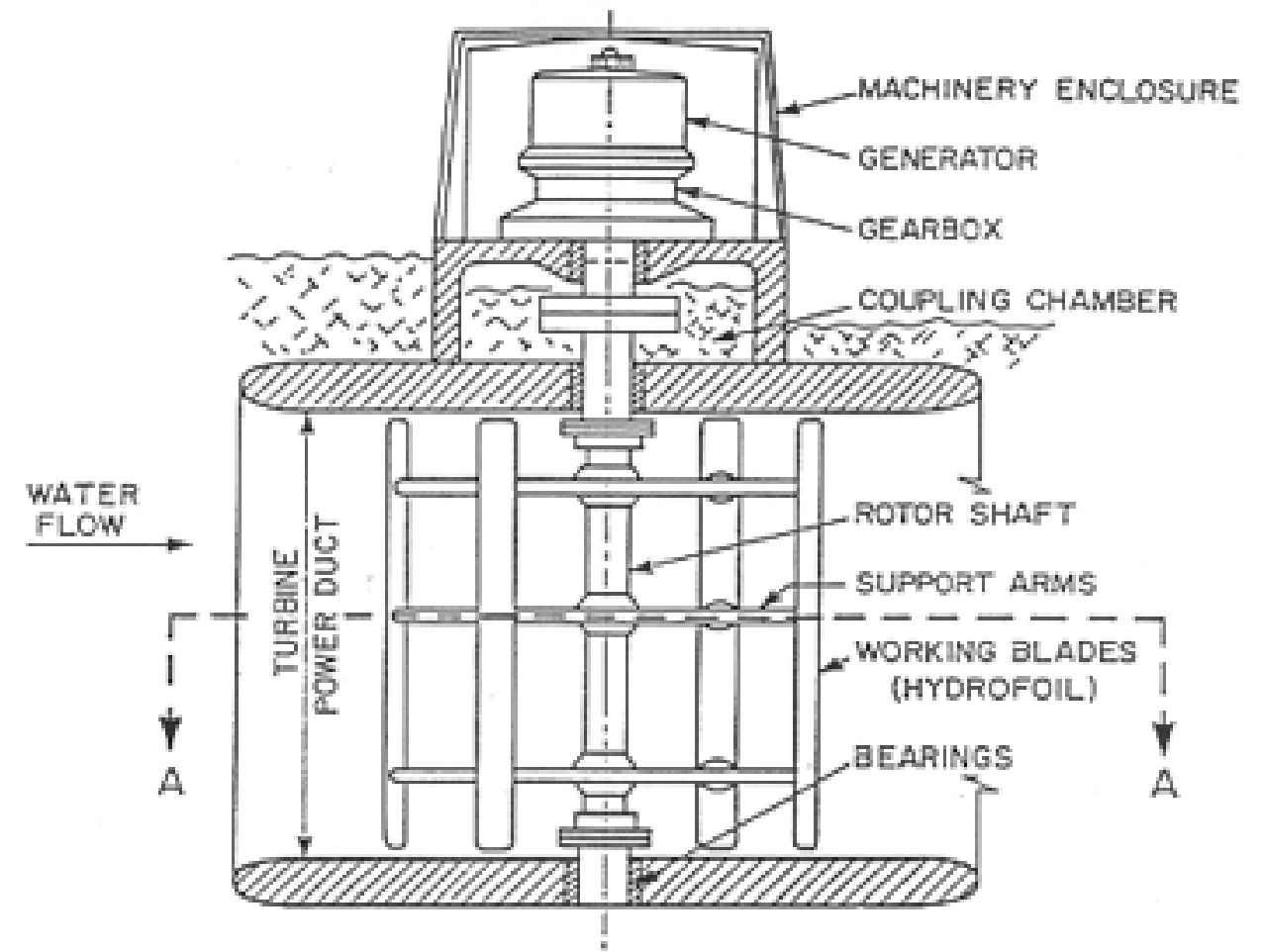
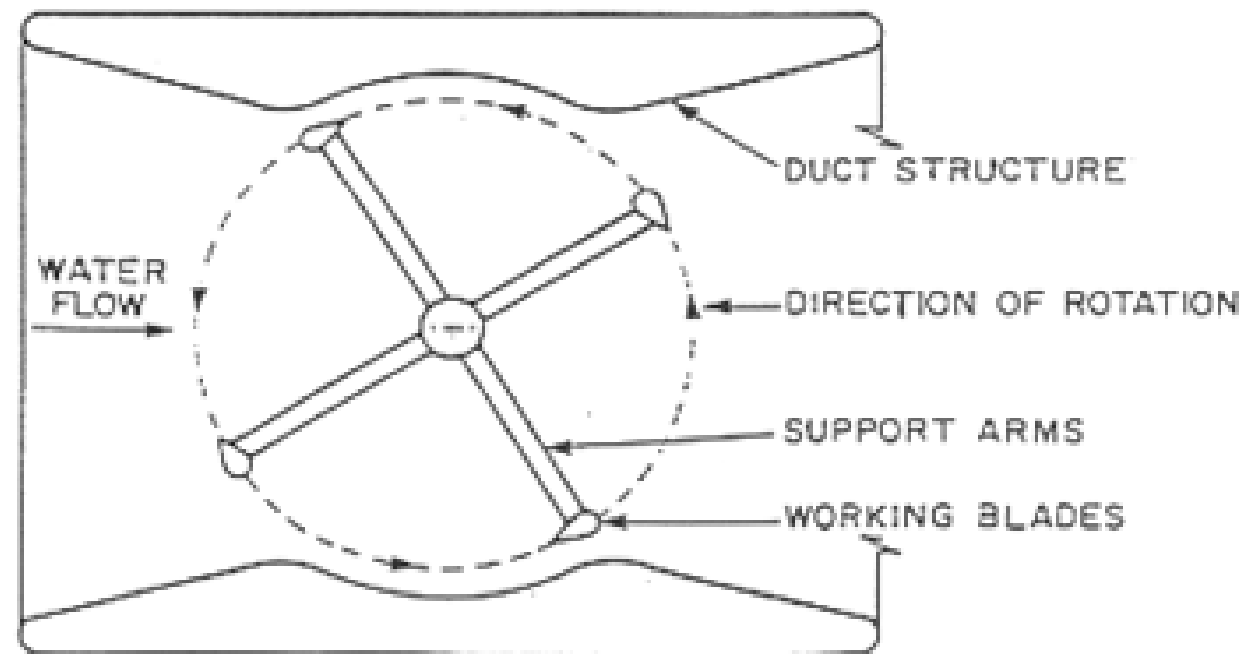
- Využívají přílivové proudy
- 5-9 mph
- vertikální osa turbin
- modulové systémy
- jednotlivé moduly mohou fungovat samostatně
- menší dopady na ŽP
- stávající komerční zařízení není
- Projekt Dalupiri Passage (Filipíny)



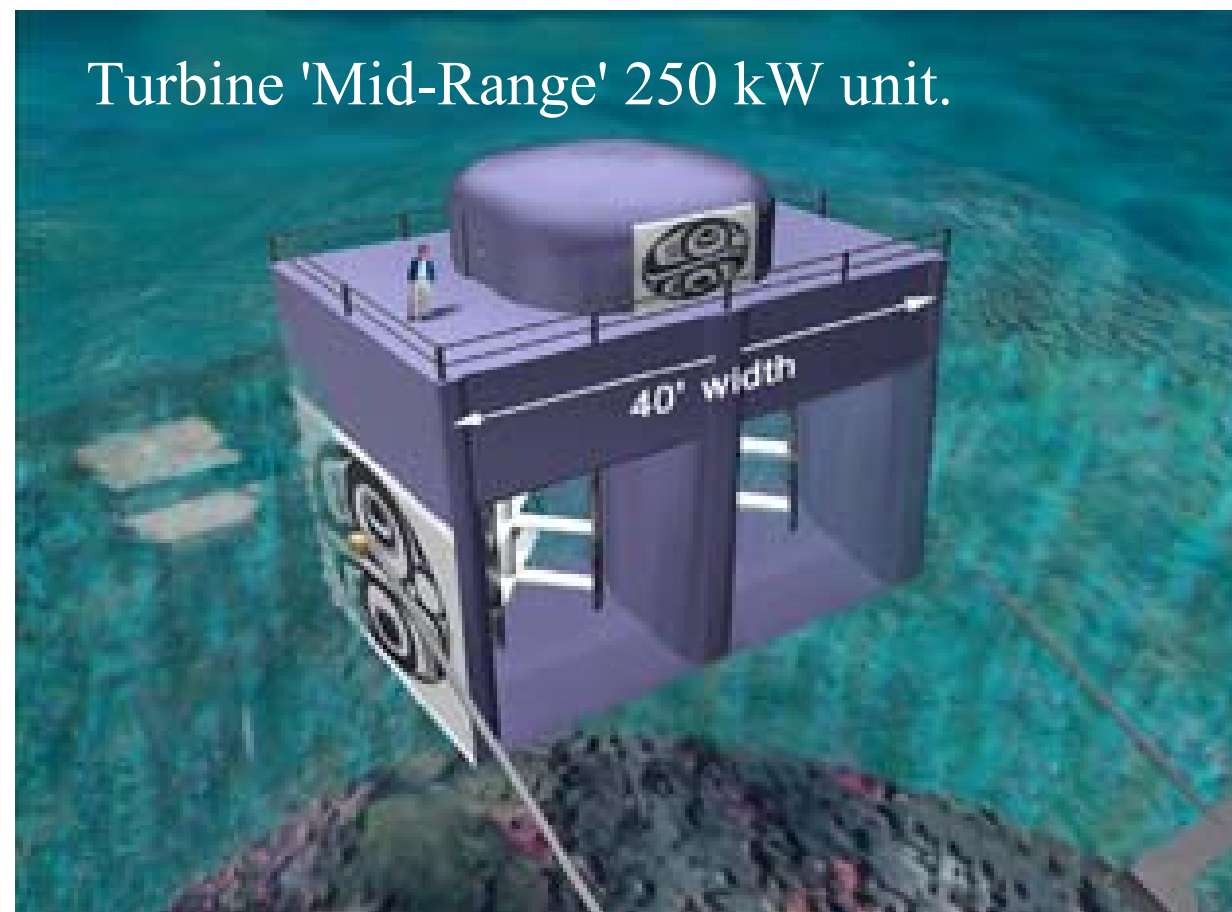
Davis Hydro Turbine

- the **Davis Turbine** is based on the undeveloped 1927 patent on a vertical axis windmill by French inventor **Georges Darrieus**
- Reinvented by Canadian aeronautic and hydrodynamic engineer Barry V. Davis,
-
- Prototypy již existují
- Velké projekty v přípravě (investice)

Davis Hydro Turbine



Turbine 'Mid-Range' 250 kW unit.





Dalupiri Ocean Power Plant: 4km long tidal fence between the islands of Samar and Dalupiri in the San Bernardino Strait in the Philippines.

Phase 1: US\$2.79

Phase 1-4: **US\$30 Billion.**

Phase 1 of the project will offset an estimated 6.5 million tons of carbon dioxide emissions per year based on the current grid make up, and provide an additional revenue stream through sales in the newly emerging emission offsets markets.

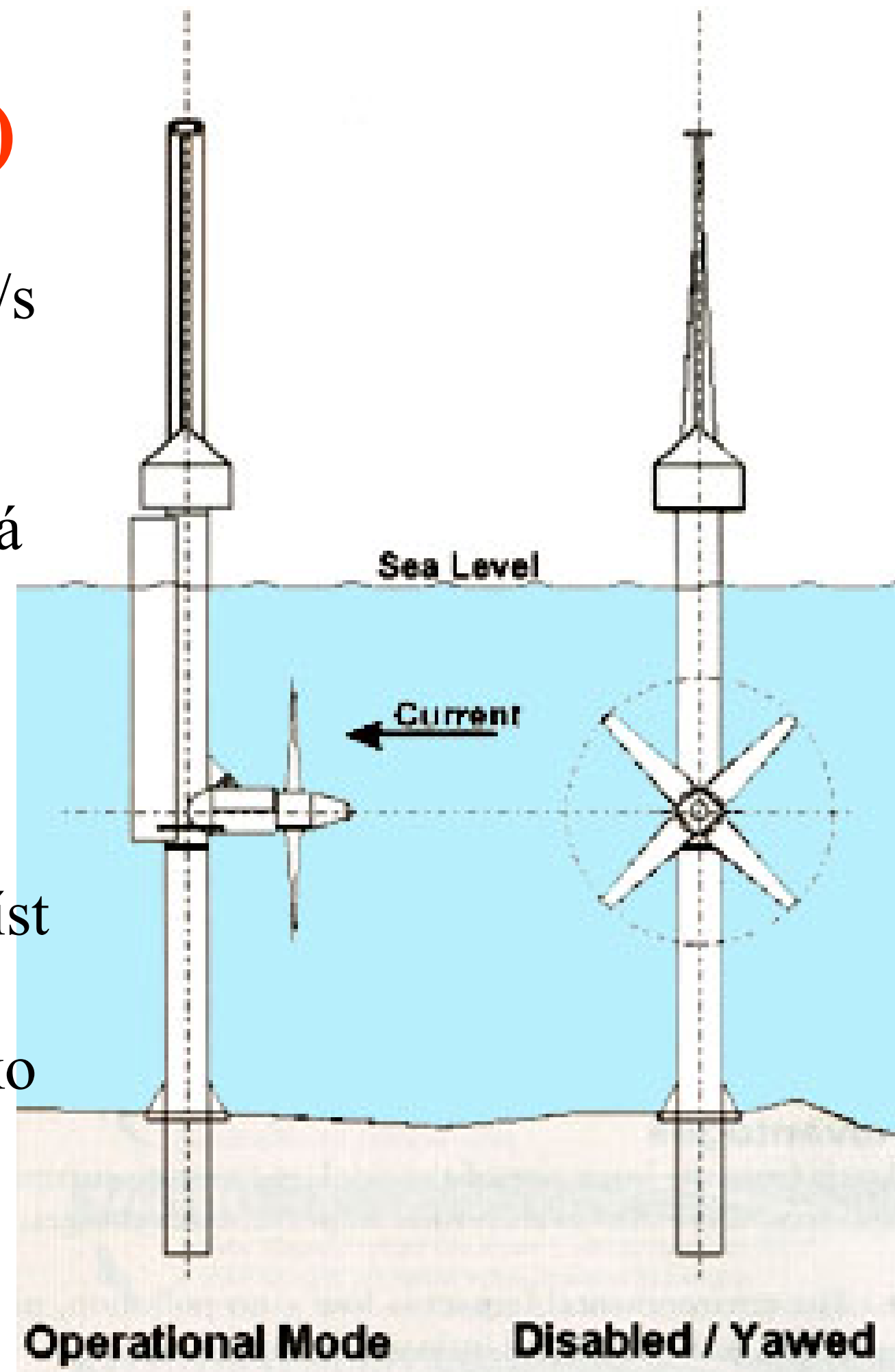
Davis Hydro Turbine 'Ocean Class' 7-14 MW units linked together to form Tidal Fence (concept proposed for Dalupiri Strait, Philippines)

Davis Hydro Turbine

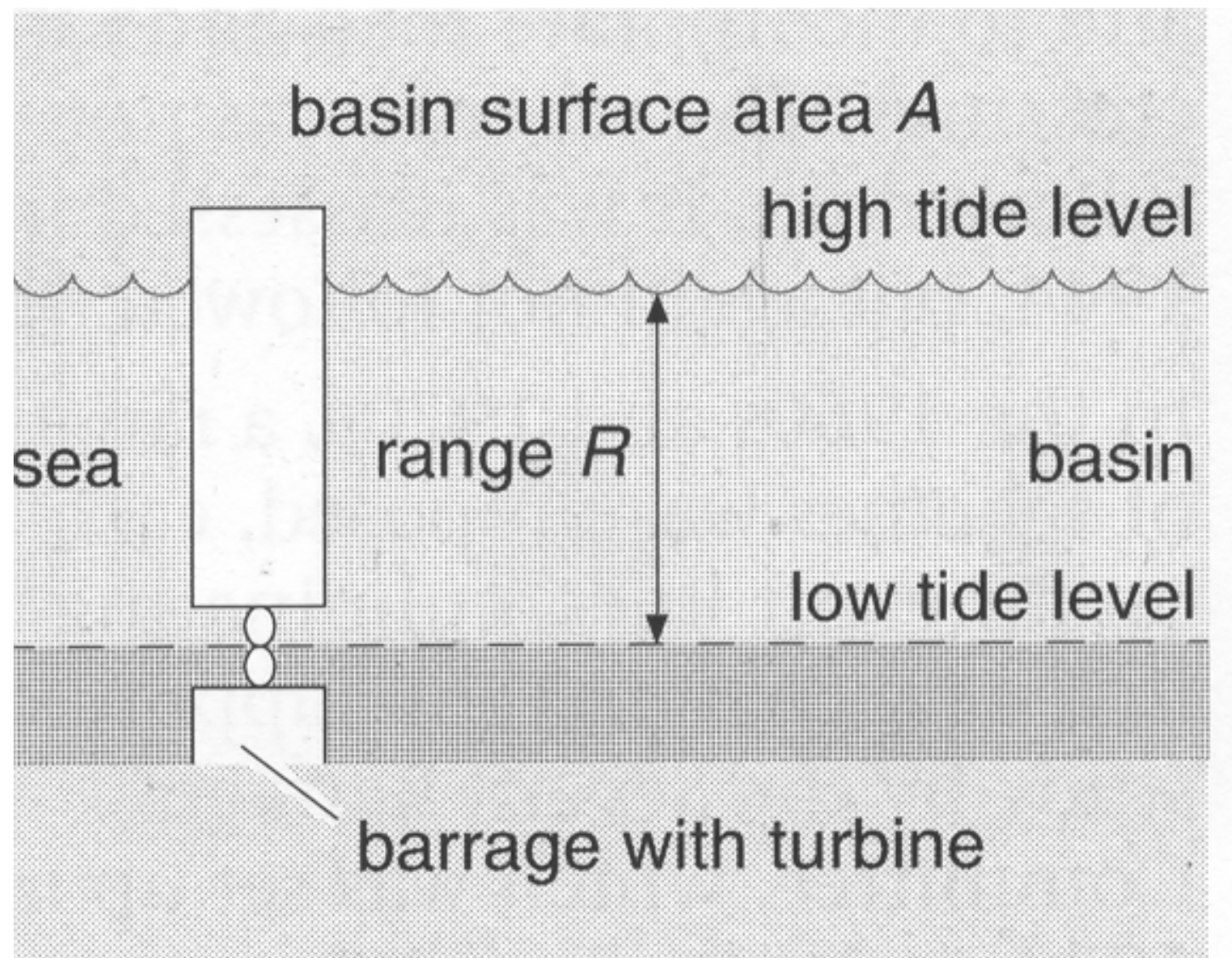


Přílivové turbíny (farmy)

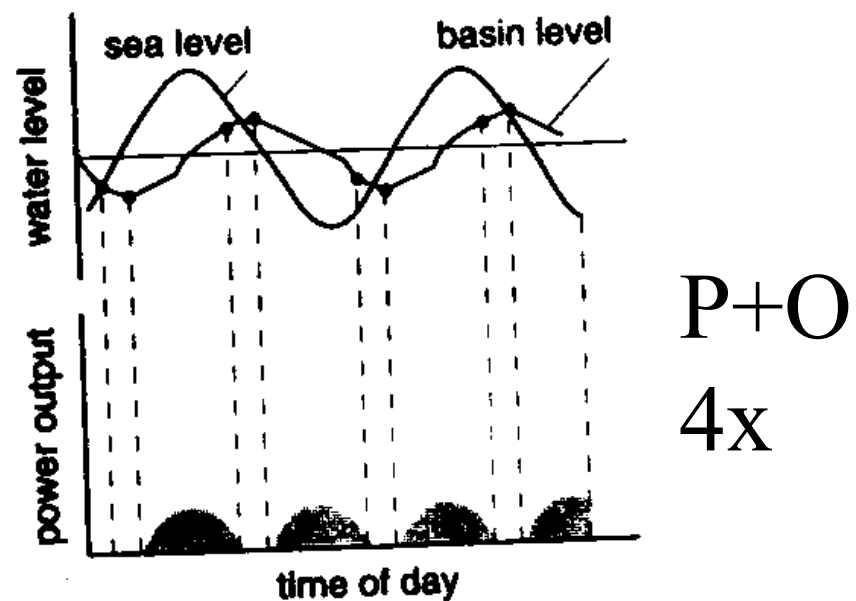
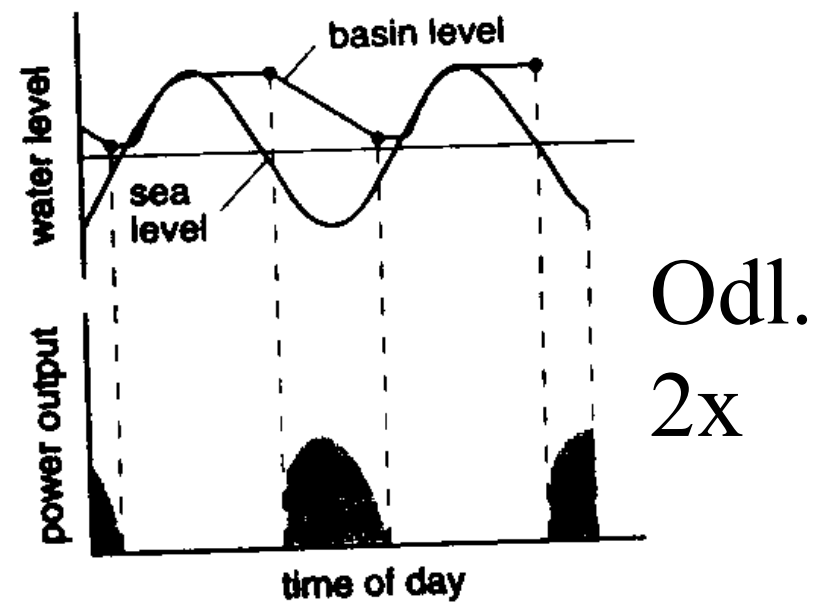
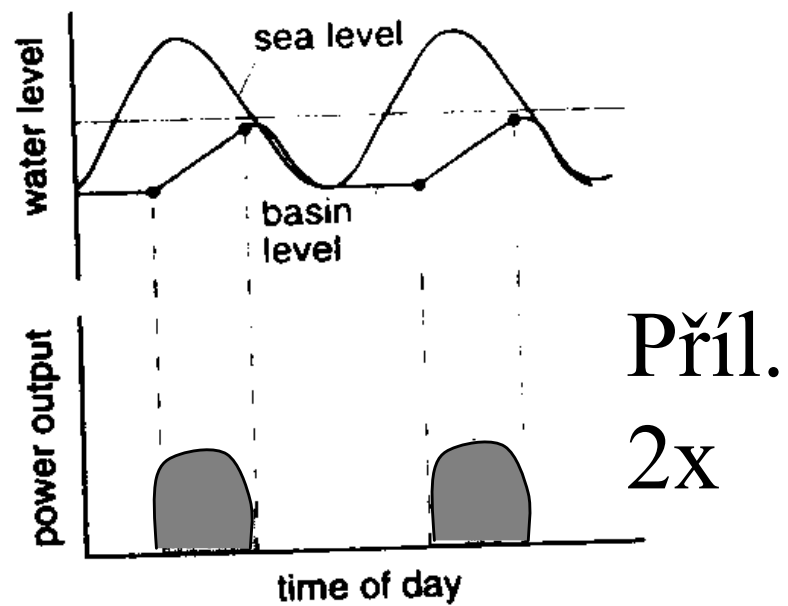
- Využívají přílivové proudy 2-3 m/s
 - při $>3\text{m/s}$ nebezpečí poškození
 - v hloubkách 20-30 m při pobřeží
 - výkon 15m přílivové TU odpovídá cca 60m větrné TU
-
- žádné komerční zařízení
 - prototypy: 15kW (UK)
 - vytipováno 106 perspektivních míst v EU
 - Filipíny, Indonésie, Čína, Japonsko



Celkový potenciál

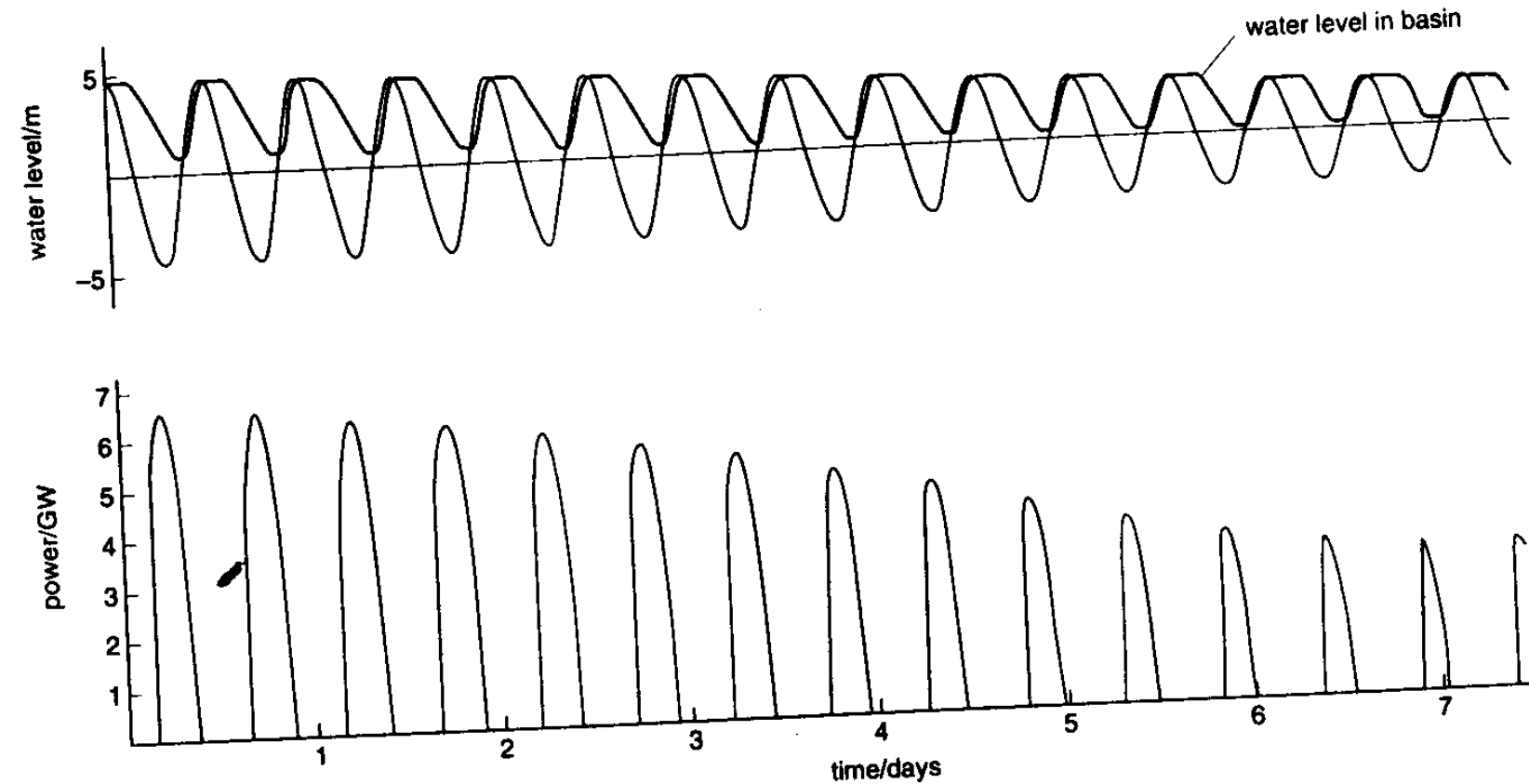


- potenciálová E vody $\Rightarrow$ kinetickou
- $E = m g h$
- $E = \rho A R g (R/2)$ okamžitá PE
- $E = \rho A R^2 g / 2T$ za jeden cyklus
(T = doba trvání cyklu)
- pravidelnost - předvídatelnost
(proměnlivá výška hladin)
- 2 cykly P za den (24.8 hod)
- min. 5 m rozdíl hladin
- uprostřed oceánu: 0.5 m,
- eustárie: 3-5m ústí, 10-15 m krk)



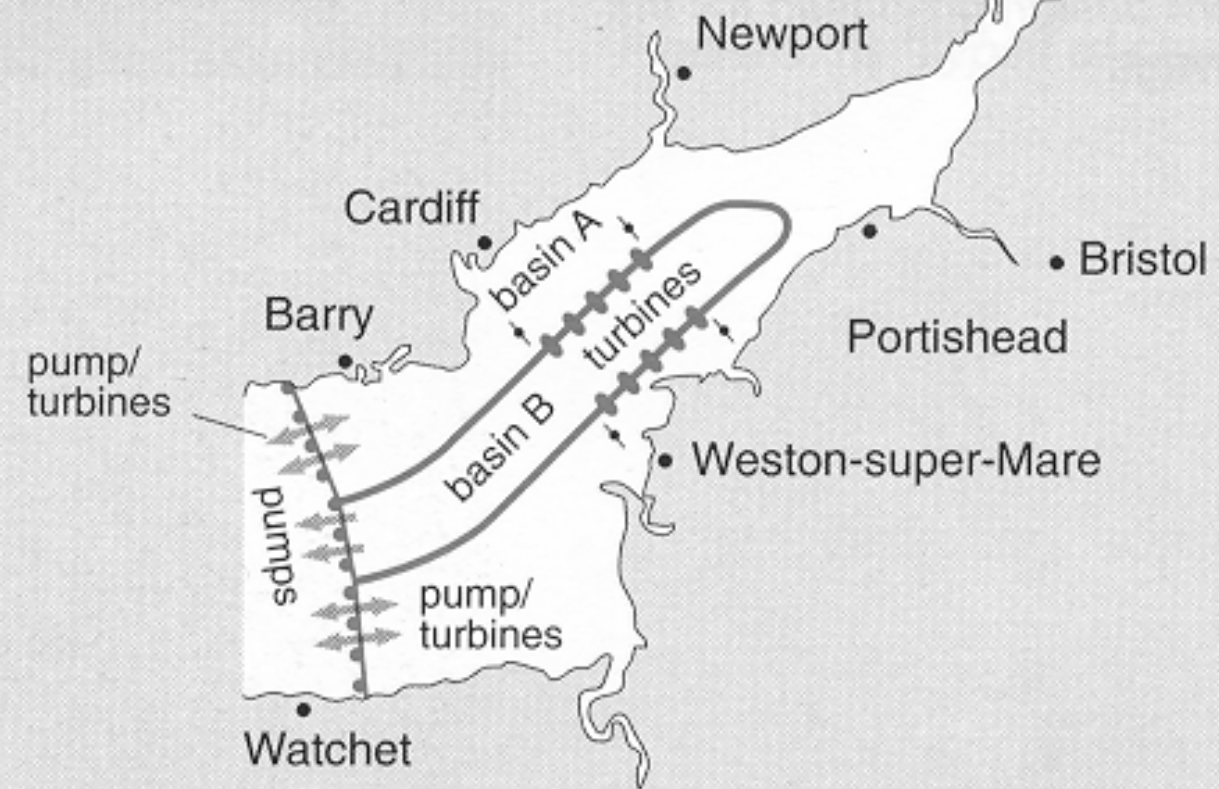
improved...

Figure 6.25 Operation over a spring-neap tide cycle (Source: Watt Committee on Energy, 1990)



- Produkční špičky vs. bezprodukční
 - obousměrný provoz
 - více bazénů
 - kombinace s větrnou energií
- Napojení na síť (rozvinuté vs. nerozvinuté země)

Projekt Severn, UK



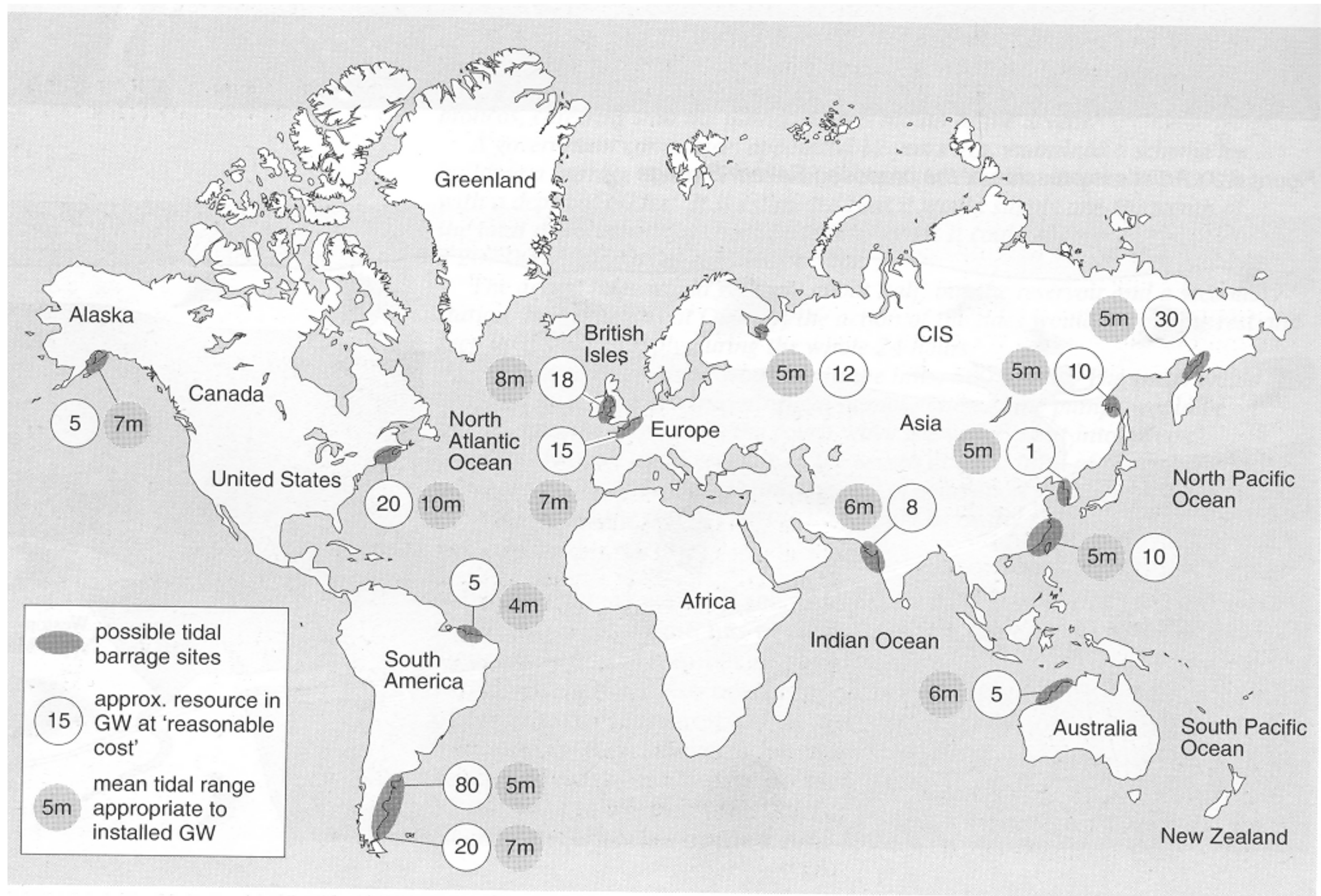


Figure 6.30 Map of world tidal power sites

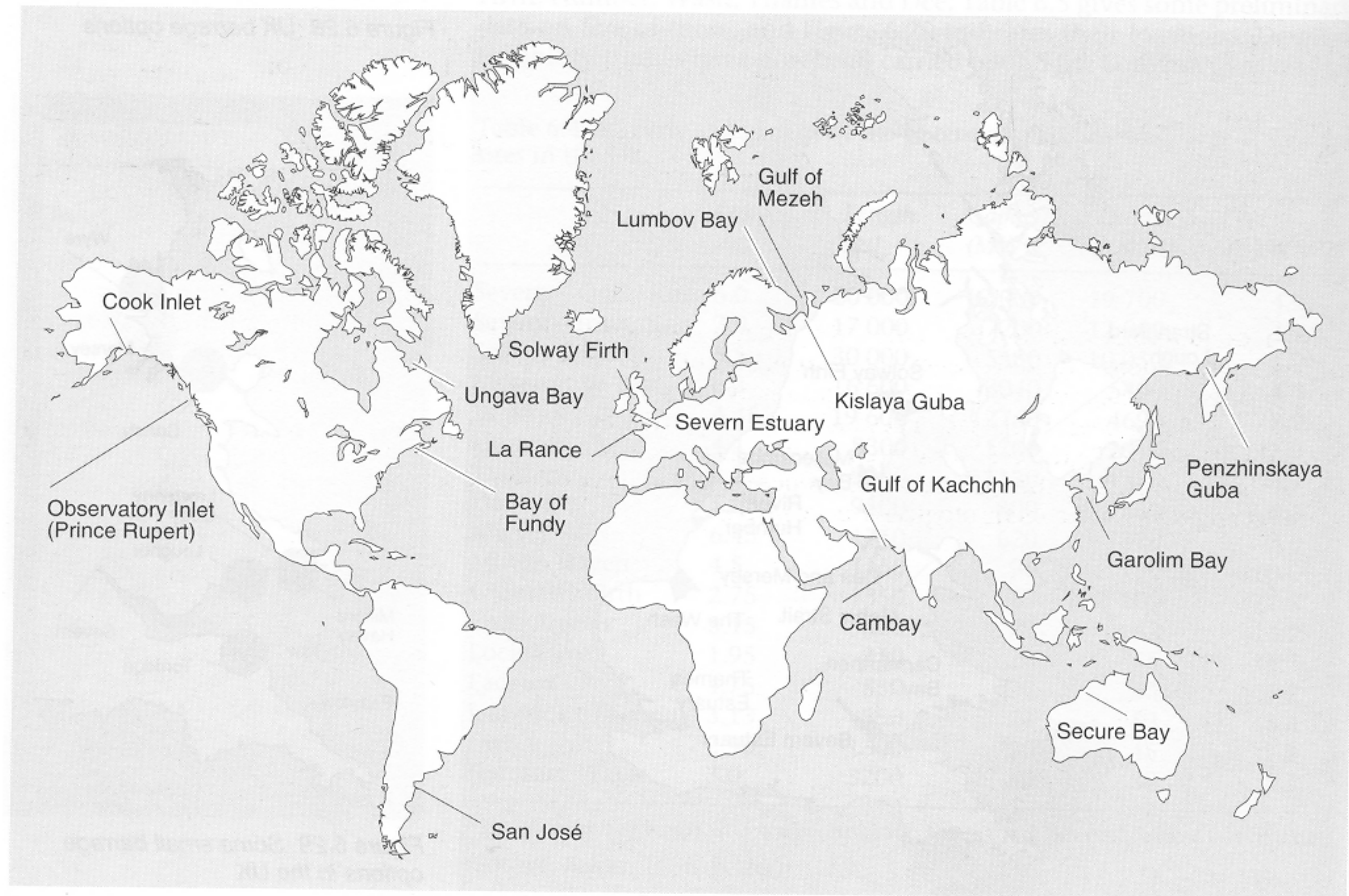
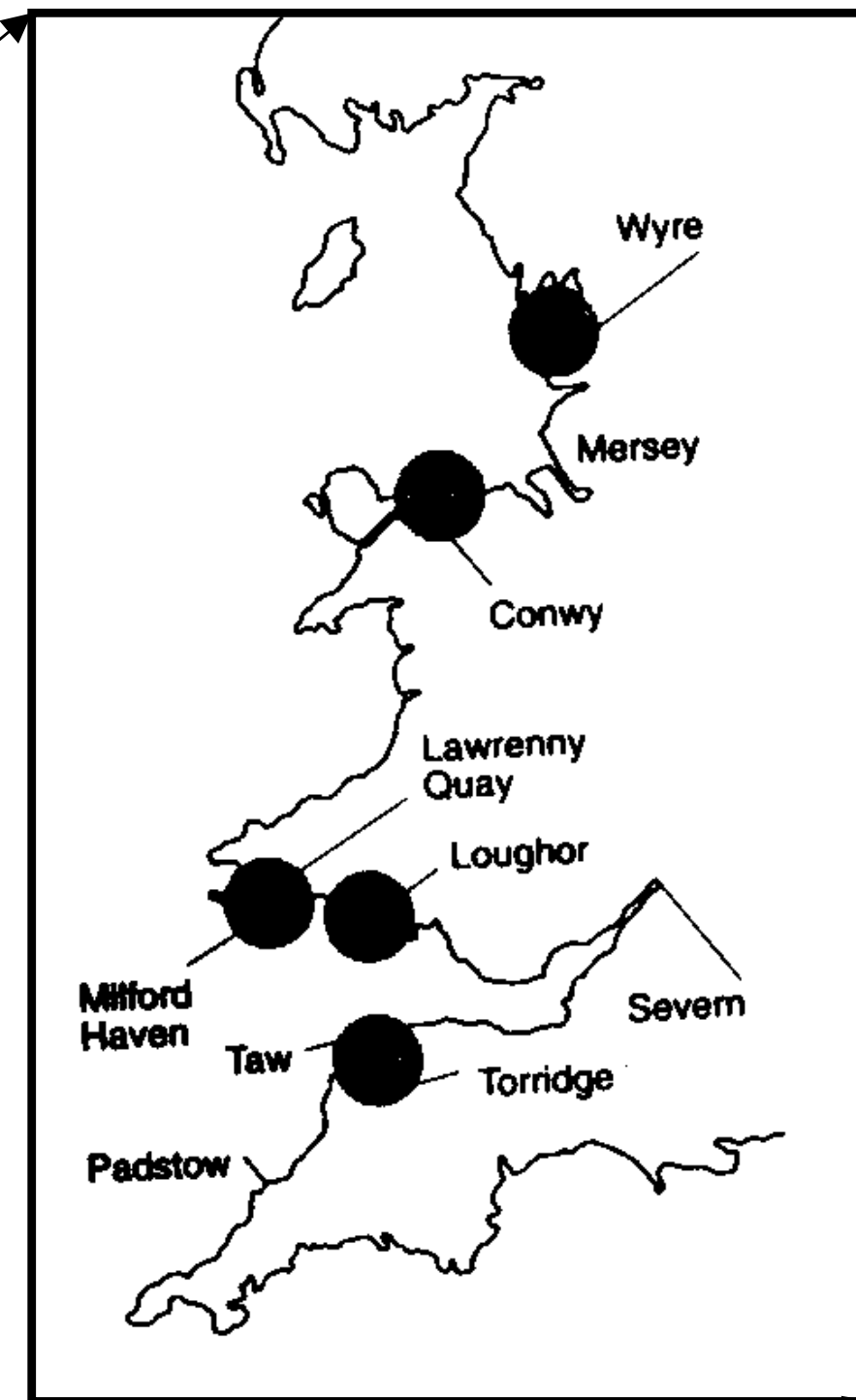
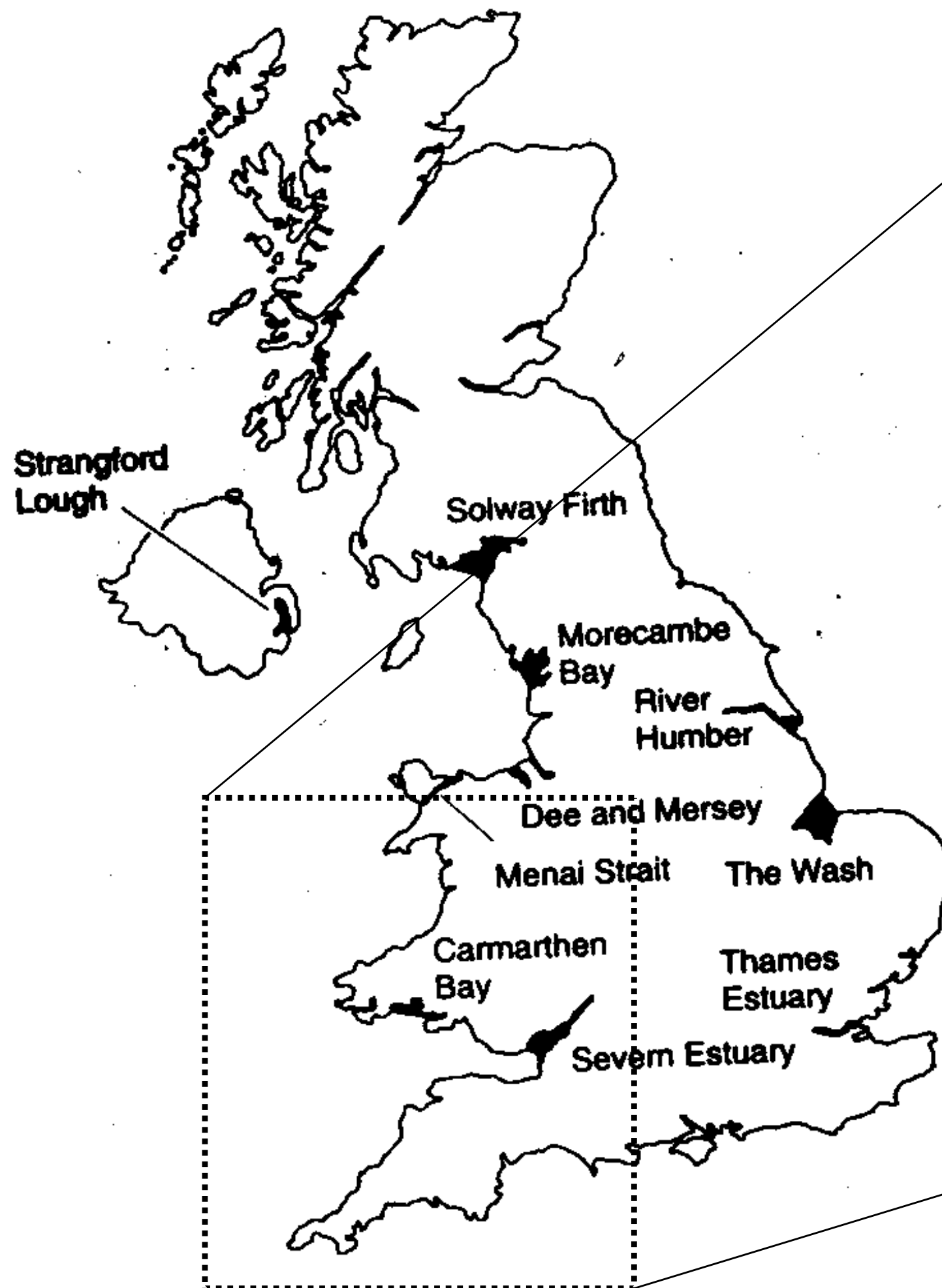


Table 6.6 Potential tidal power sites (1991)

Site	Area (km ²)	Maximum depth (m)	Length (m)	Mean range (m)	Turbines (number × diameter)	Annual energy (TWh)	Estimated unit cost (p kWh ⁻¹)*
<i>Argentina and Chile</i>							
Golfo San José	788	25	7000	5.78	270 × 7.5	10.9	2.1
San Julián	77	13	810	5.66	40 × 6	1.04	1.8
Río Santa Cruz	215	32	2070	7.48	60 × 9	5.05	2.3
Río Coig	46	12	1800	7.86	30 × 6	0.61	1.9
Río Gallegos	140	12	3400	7.46	85 × 6	3.27	1.6
Bahía San Sebastian	580	30	19 300	6.5	145 × 9	10	3.8
<i>Australia</i>							
Secure Bay	140	50	1300	7	37 × 9	2.9	3.6
Walcott Inlet	260	75	2500	7	70 × 9	5.4	5.1
<i>Canada</i>							
Bay of Fundy	282	42	8000	11.7	106 × 7.5	11.7	2.2
<i>South-east China</i>							
Damao shan	200	24	3550	4.8	100 × 6	2.05	3.7
Dong' an Dao	210	21	3900	5.1	100 × 6	2.26	3.2
Yantu Ao	680	35	3000	4.8	150 × 9	3.7	2.8
<i>India</i>							
Gulf of Cambay	1055	22	25 000	6.1	570 × 6	16.4	2.5
Gulf of Kachchh	50?	18	2000	4.8	24 × 6	0.48	5
<i>South Korea</i>							
Garolim Bay	100	28	1850	4.8	24 × 8	0.893	4.5
Gulf of Asam	130	24	2350	6.06	72 × 6	2.05	3.1
<i>Former) USSR (Sea of Okoskh)</i>							
Kaliv Tugurskiy	1400	30	26 000	4.74	200 × 9	12	4

In 1983 money terms, at 5% discount rate.

Source: Baker, 1991b)



UK: 40% EU
Fr: 40% EU

Vliv na životní prostředí

- **? není dobře prostudován**
- **? ekosystém (ptáci, ryby, pravděpodobně změna společenstev)**
- **? snížení obsahu pevných částic ve vodě (vyšší prostupnost světla, prokysličení)**
- **narušení sedimentace**
- **? omezení rozsahu zaplavovaného území**
- **? lodní doprava**
- **+ dopravní komunikace**
- **+ zaměstnanost**
- **více menších projektů vs. jeden velký projekt**

Ekonomika

- ?
- **vysoké investiční náklady** (neochota pro státní podporu)
- **„sinusoidní“ charakter produkce EE**
- možnost predikce produkce EE – plány,
- spíše vliv úspory fosilních paliv
- „load factor“ :
 - přílivové (23 %), hydroelektrárny (40%), tepelné–uhlí (63%), jaderné (74%), geotermální (90%)
- IRR: 6-8 % (nízký pro podnikatelskou sféru)
- V horizontu 20-let – vysoké náklady na jednotku EE (3ECU/kWh, 1991)
- Téměř neomezená životnost (turbíny 40 let, zařízení > 120let)
- Celkový světový potenciál: 300 TWh/rok
- přílivové proudy – projekt EU – Mesinská úžina (Sicílie/Itálie)

Energie z mořských vln

Historie

- **1973 ropná krize – řada projektů – po 10 letech útlum**
- **projekty a matematické modely, laboratorní modely a provozní prototypy (Japonsko, Norsko)**
- **1990s – EU – oživení projektů**
- **Nyní více jak 400 patentů a asi 8-10 základních variant**
- **konstrukce a projekty jsou „site-specific“**
- **v současné době perspektivní zdroj pro izolované komunity bez jiných zdrojů**

Area	Yearly wave efficiency degree avarage, kW/m
------	--

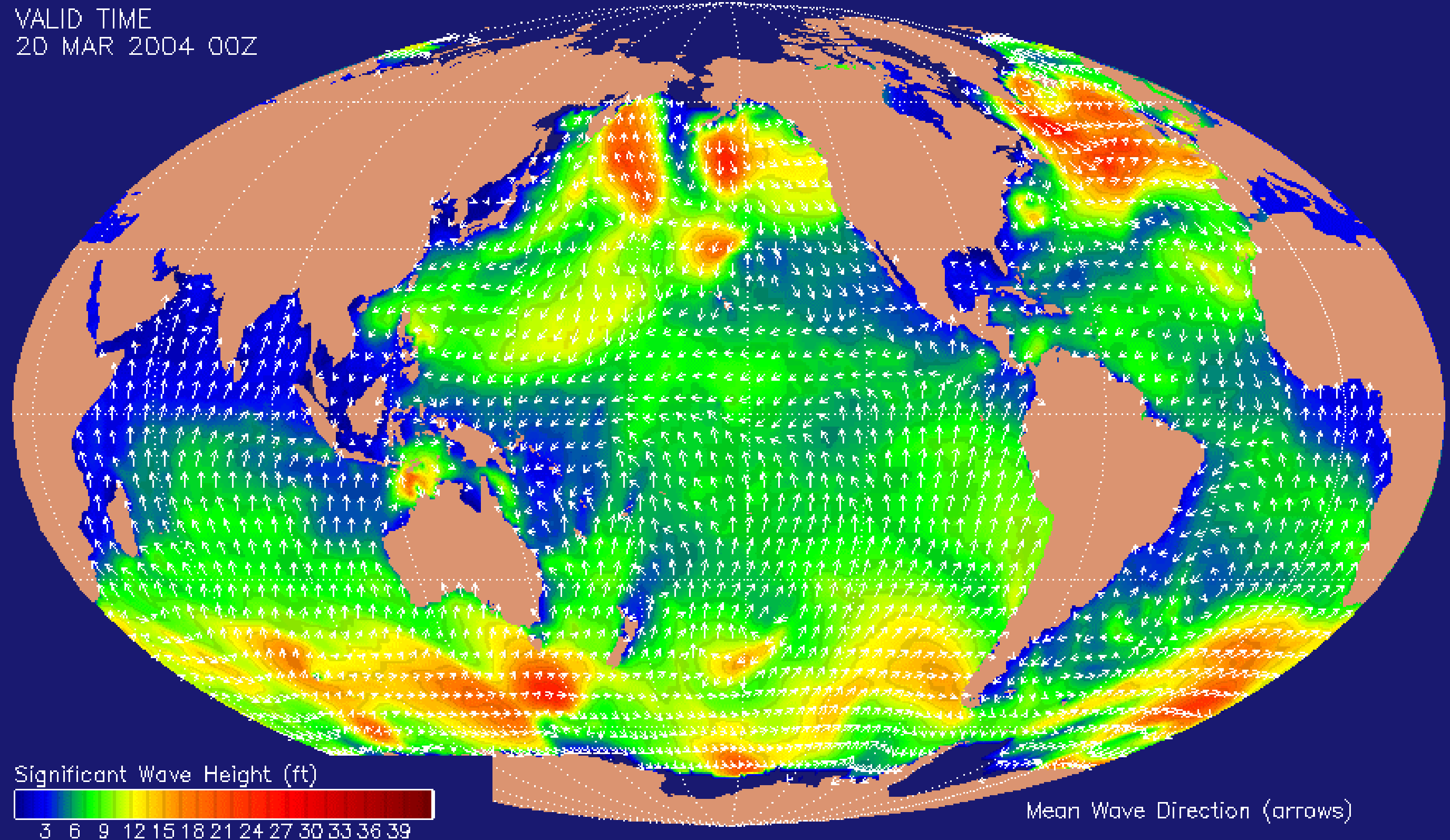
Baltic Sea (Hoburgen)	7
South Greece	20
West India	30
West Norway	40
Namibia	45
Northwest Spain	60
West Ireland	70
Midway Island (Pacific Ocean)	100

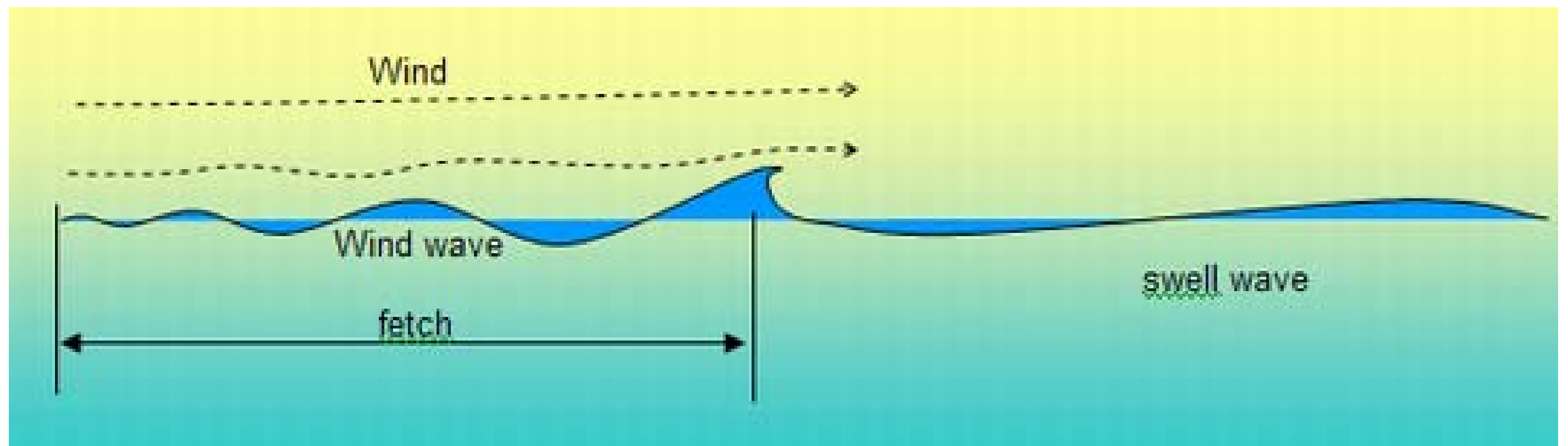
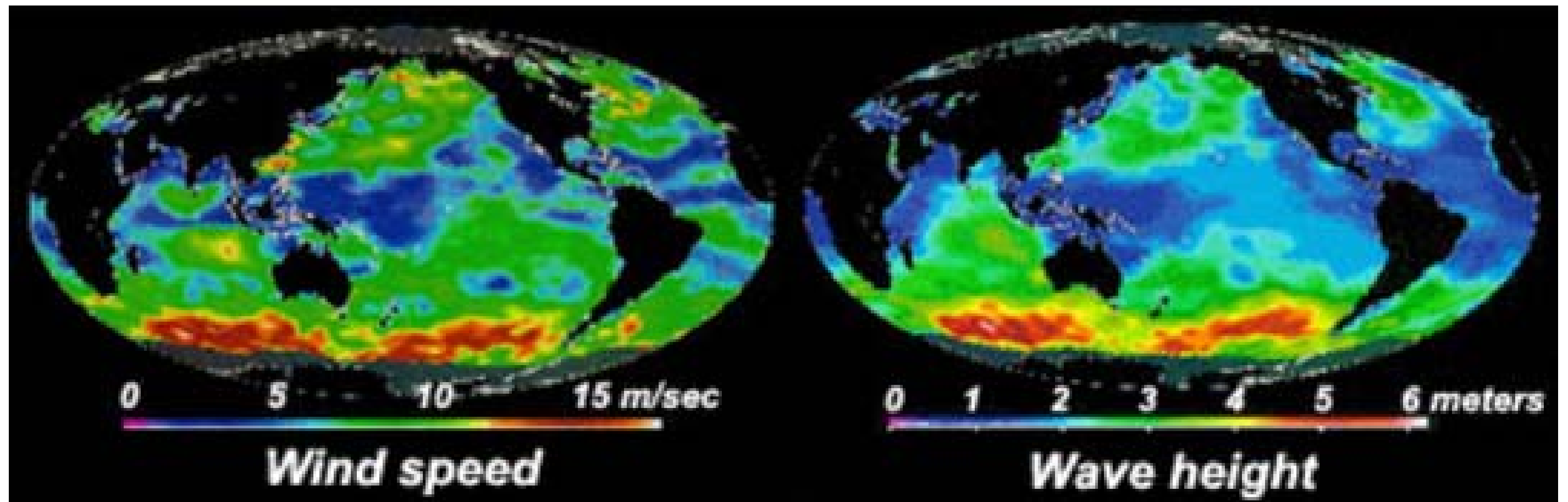


FNMOc WAVE MODEL: 20 MAR 2004

00 GMT: ANALYSIS

VALID TIME
20 MAR 2004 00Z

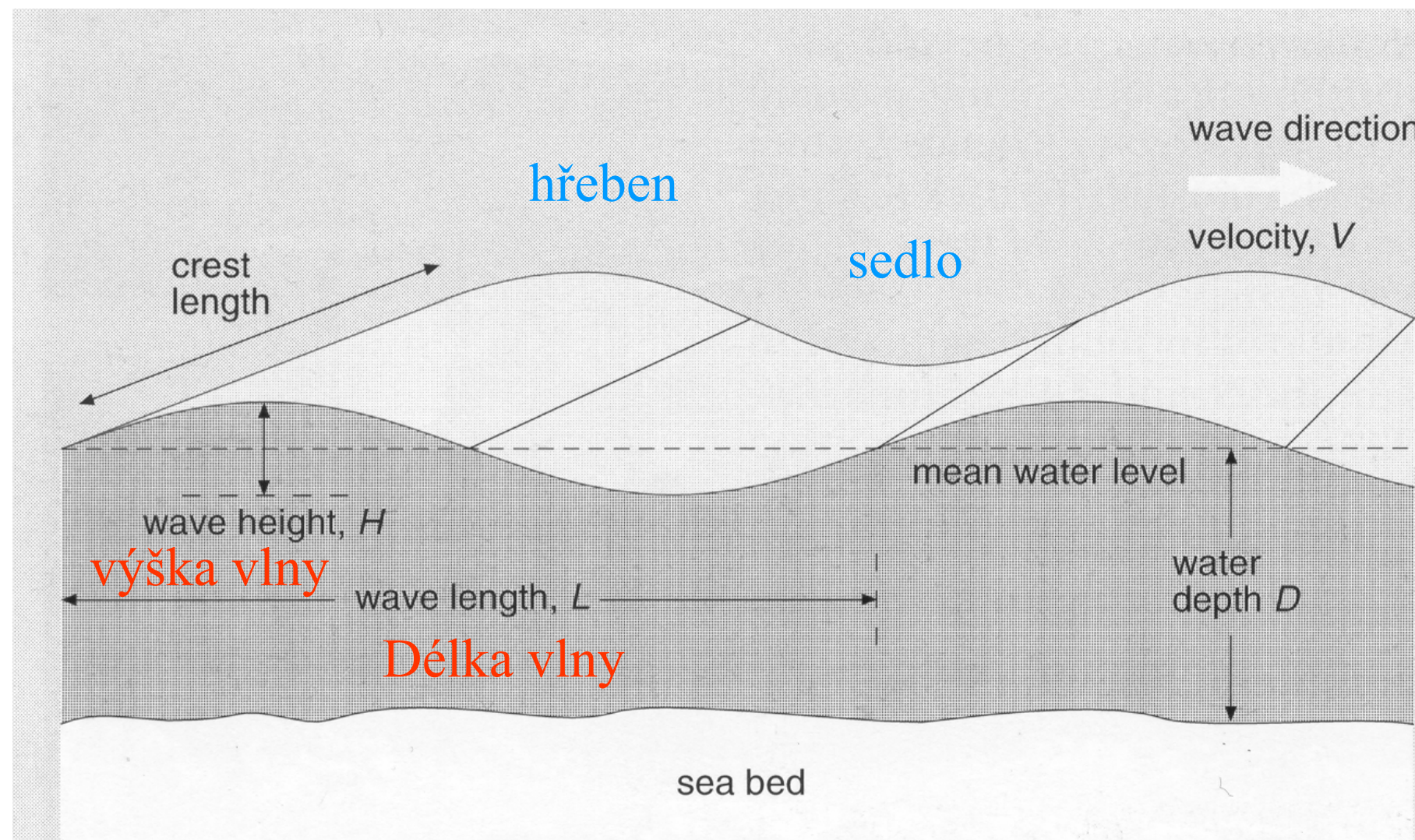




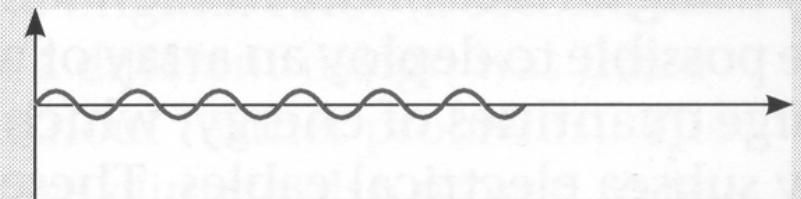
Vznik a šíření vln na moři

komplikované vztahy:

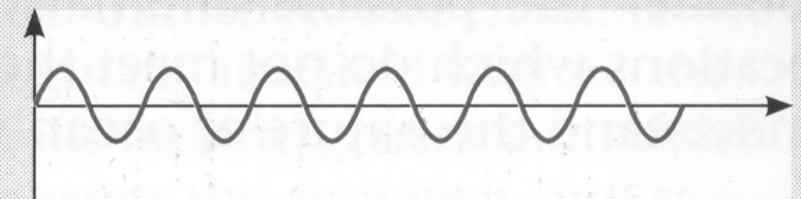
- **pohyb větru nad vodní hladinou vyvolává tangenciální napětí, které produkuje vlny**
- **turbulentní proudění v blízkosti vodní hladiny – střižné napětí, variace tlaku $\Rightarrow$ propagace vln**
- **od určité velikosti vln, vítr znásobuje tlak na vlnu a umožňuje její růst**
- **terminologie:**
- **výška vlny a délka vlny**
- **rychlost, perioda, frekvence**



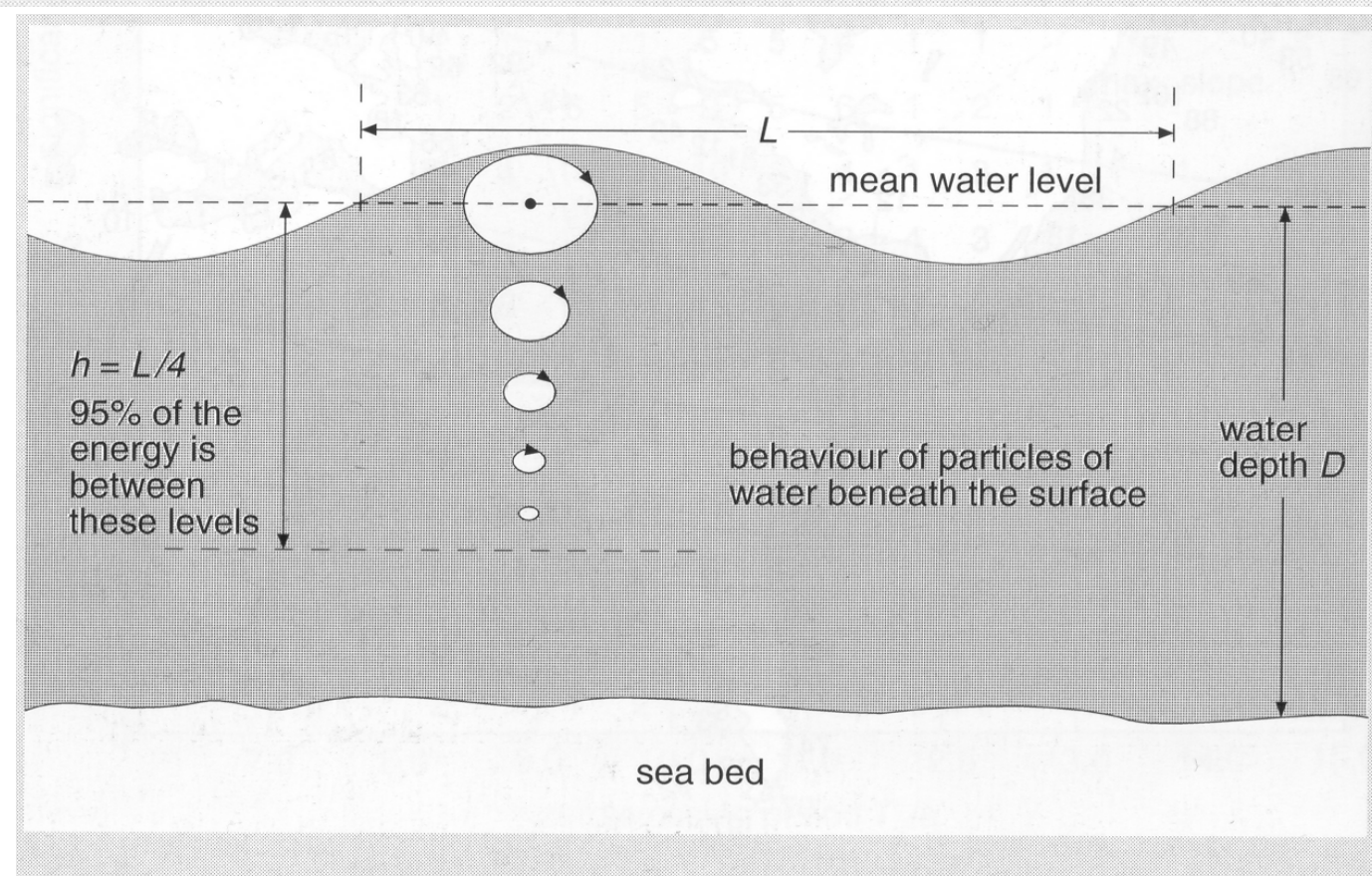
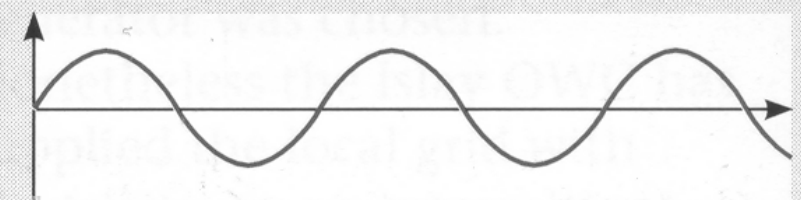
waves produced by a moderate wind



waves produced by a strong wind



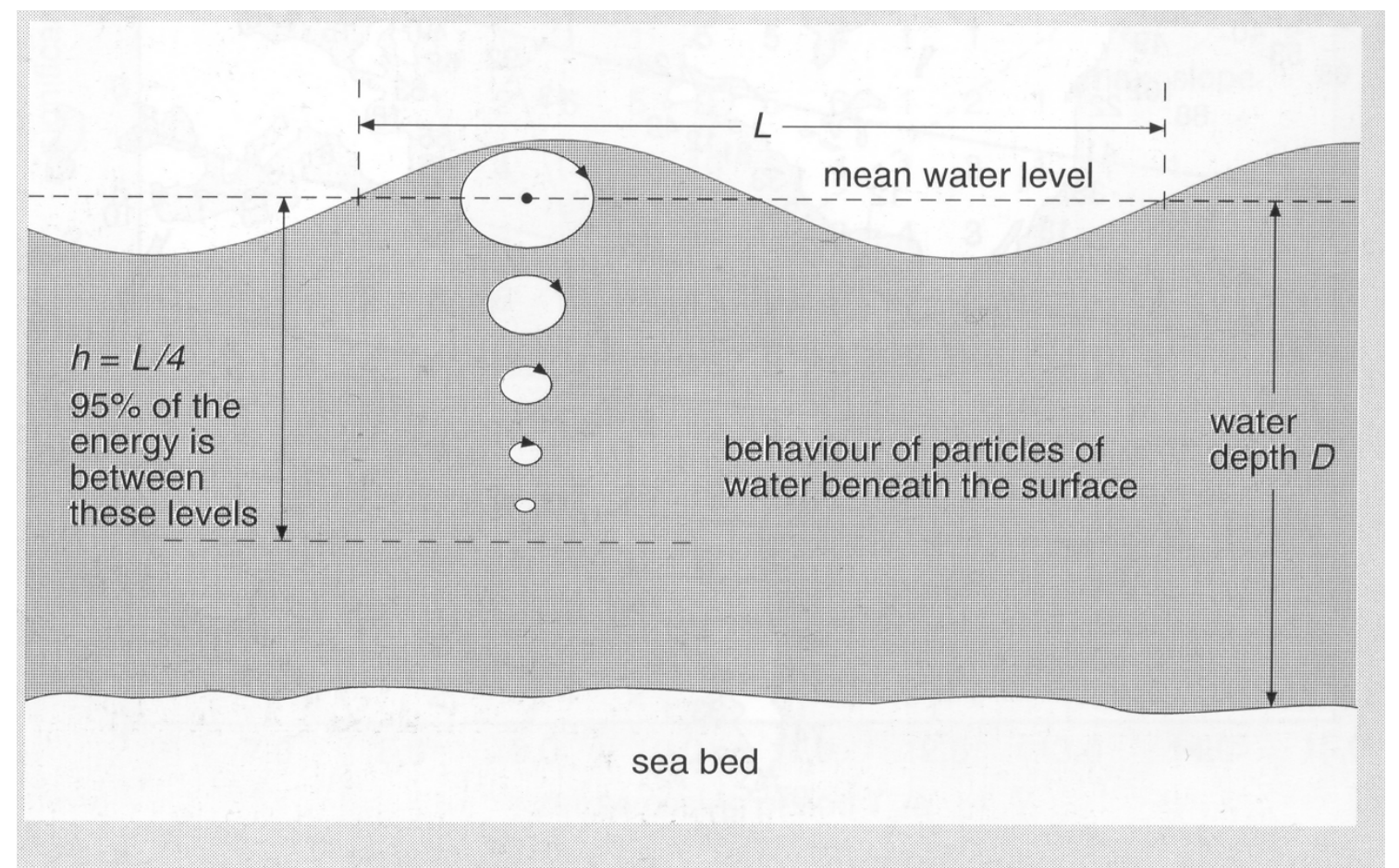
waves produced by a strong wind over a long time period



- orbitální dráha částic vody se do hloubky exponenciálně zmenšuje.
- 95 % energie vln leží v intervalu od povrchu do hloubky odpovídající $\frac{1}{4}$ výšky vlny
- blízko pobřeží se energie vln ztrácí (až na 20-30 %)

Energie vln

- H ... výška vlny
- T ... **perioda** (frekvence = $1/T$)
- V ... rychlost vlny;
- D ... hloubka vody
- $\rho = 1025 \text{ kg.m}^{-3}$



- $V = gT/2\pi$ (hluboké vody; $V(\text{m/s}) \approx 1.5 \times T(\text{s})$)
- $V = (gD)^{-1/2}$ (mělké vody; pro $D < 1/4L$)
- $P \text{ (W/m)} = (\rho g^2 H^2 T) / (32 \pi)$
- **$P \text{ (kW/m)} \sim H^2 T$**

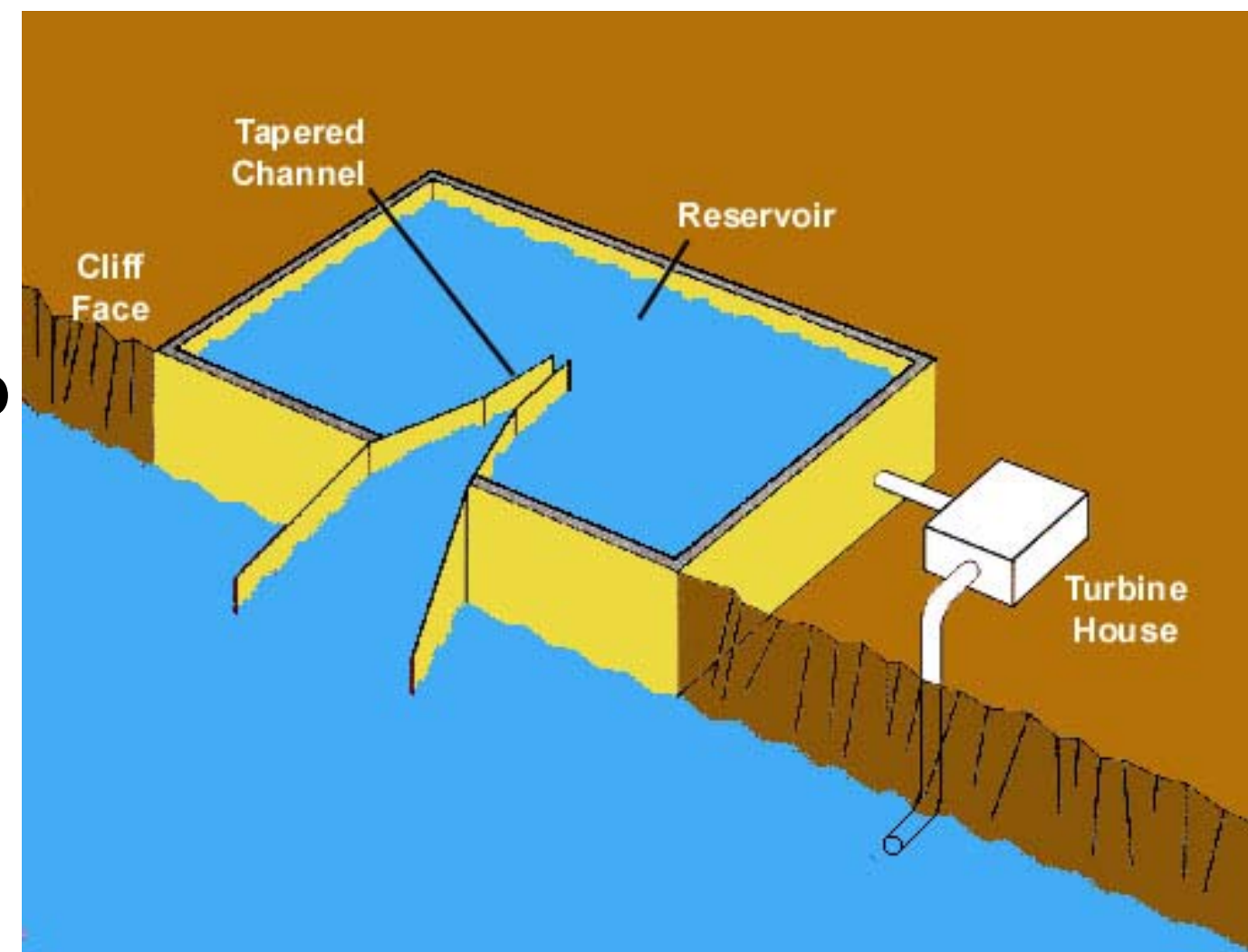
Klasifikace zařízení *využívajících energii vln:*

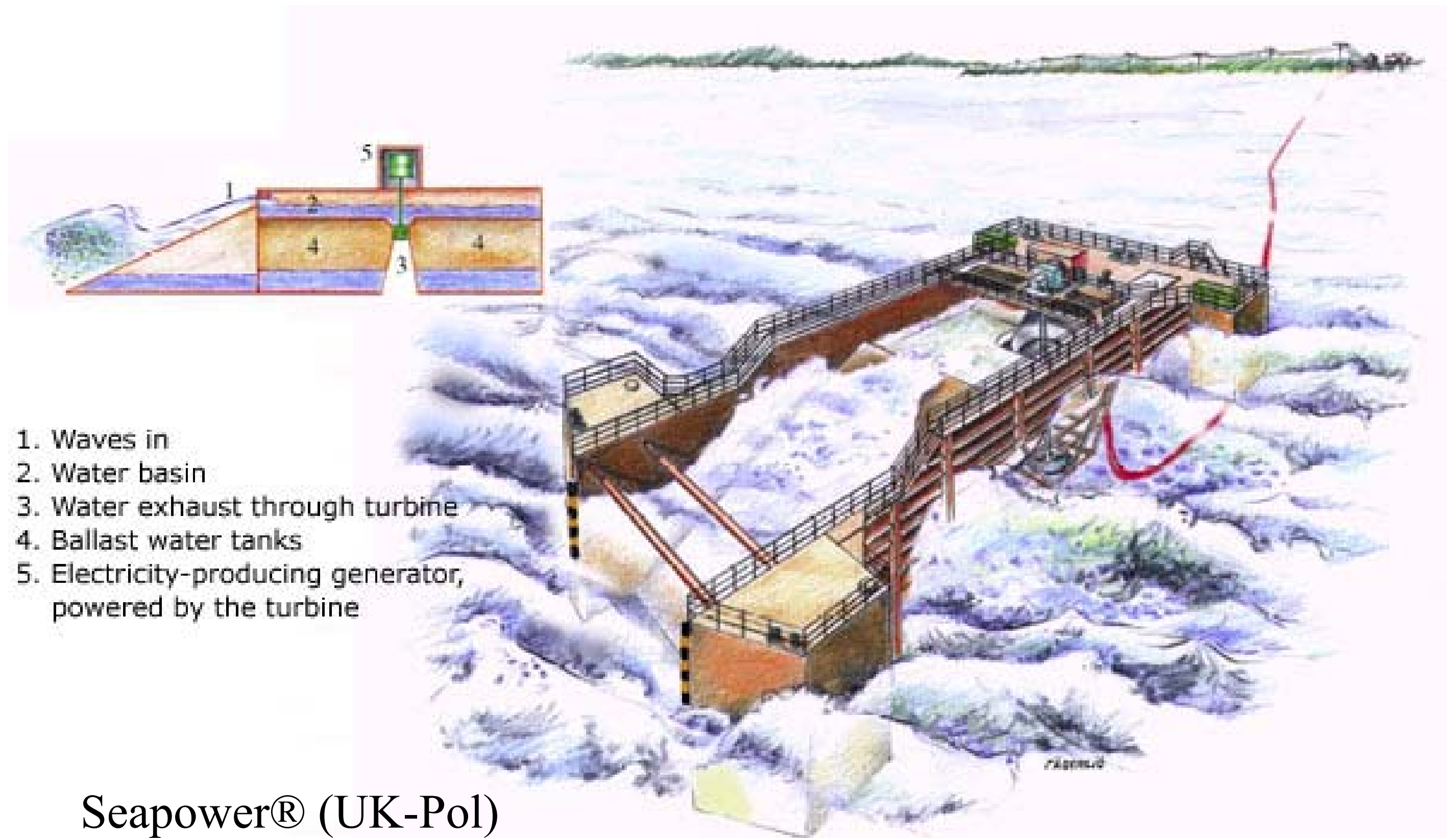
- dle upevnění: (fixní vs. plovoucí)
- dle umístění vzhledem k pobřeží (onshore vs. offshore)
- dle mechanismu:
 - kinetická e. vody $\Rightarrow$ potenciální e. vody (TAPCHAN)
 - kinetické e. vody $\Rightarrow$ kinetická e. vzduchu (OWC)
 - kinetické e. vody $\Rightarrow$ kinetická e. kapaliny (hydraulické sys. – bóje)
 - ostatní (kombinované typy)

- **Norsko, 1985, ostrov 40 km
Z od Bergenu, 350 kW**
- **Části: kolektor, reservoár
(rovnoměrnost produkce EE),
kaplanova turbína (malý spád)**
- **Princip: konverze kinetické
energie vln na potenciální
energii vody (rozdíl hladin asi 3
m)**
- **Omezení: místo s vysokou
energií vln, hluboká voda blízko
pobřeží, příliv-odliv < 1 m
výšky**
- **Výhody: jednoduchá
konstrukce, nízké provozní
náklady**

TAPCHAN

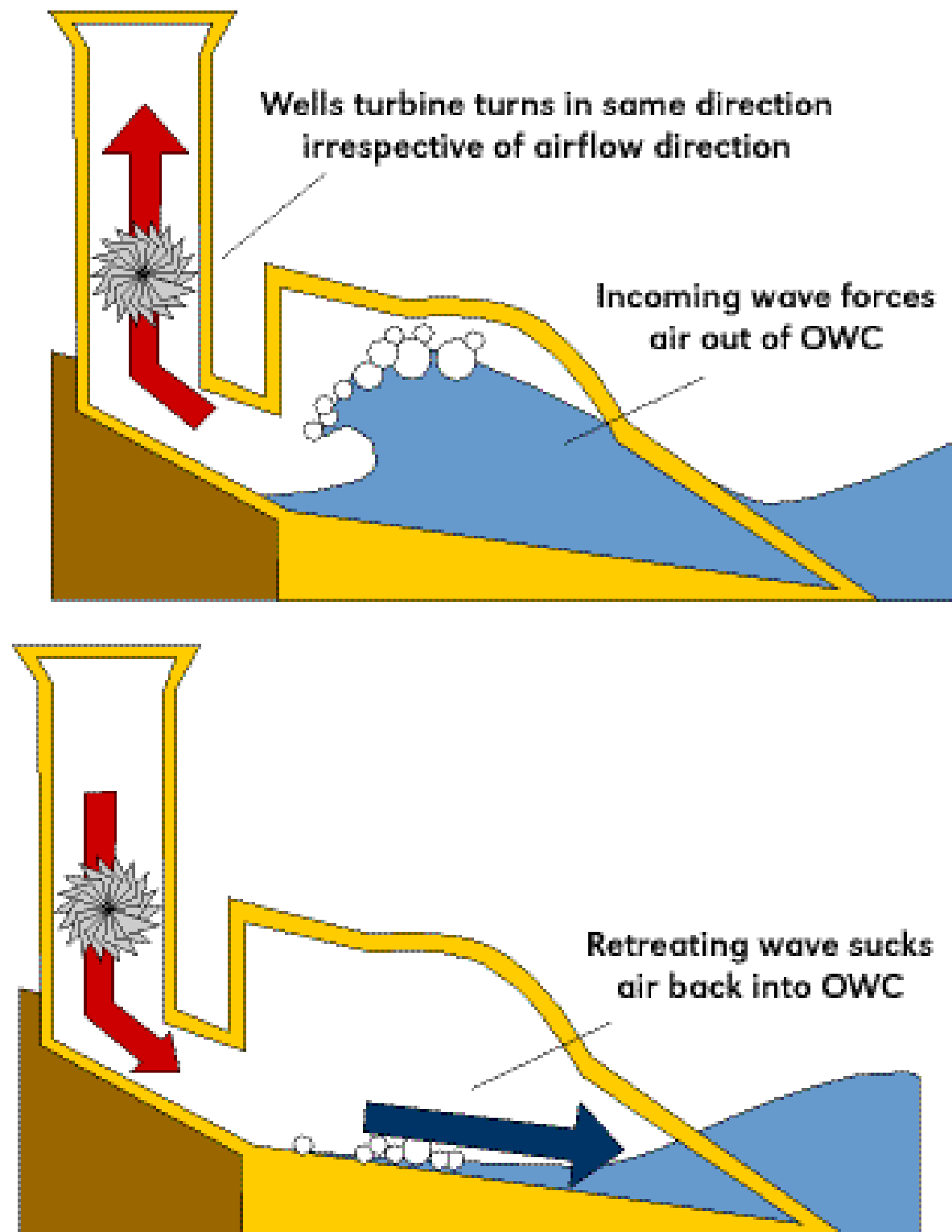
(**t**apered **c**hannel)
(zúžený kanál)





Oscilating water column (OWC)

- Skotsko 1989, projekt 150 kW, instalováno 75 kW
- princip pístu (vzduchový sloupec v betonové konstrukci)
- „Wellsova turbína“ – rotuje stále jedním směrem, bez ohledu na směr proudění vzduchu
- nevýhody: velké ztráty (až 50 %) vlivem nerovného dna



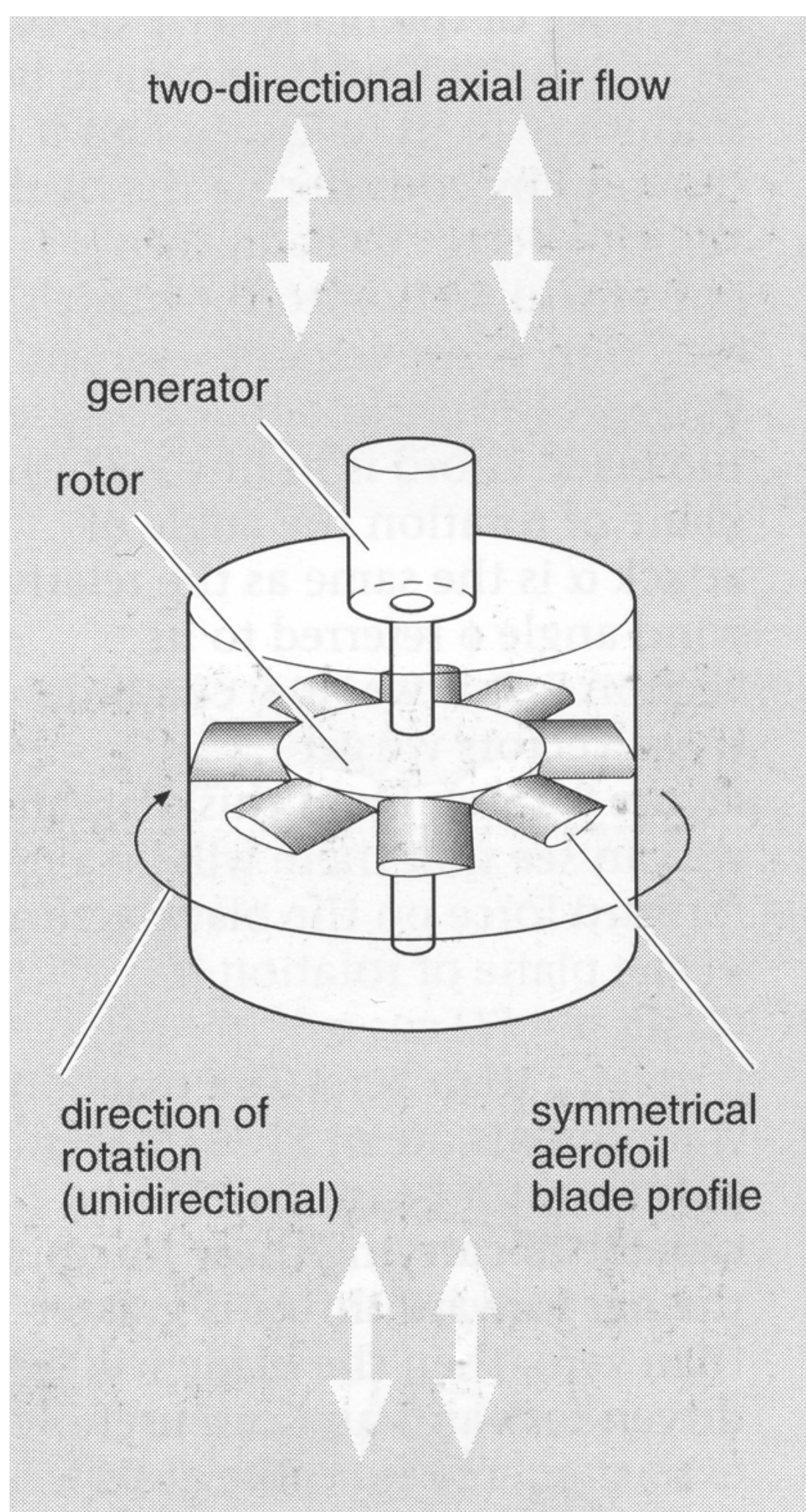
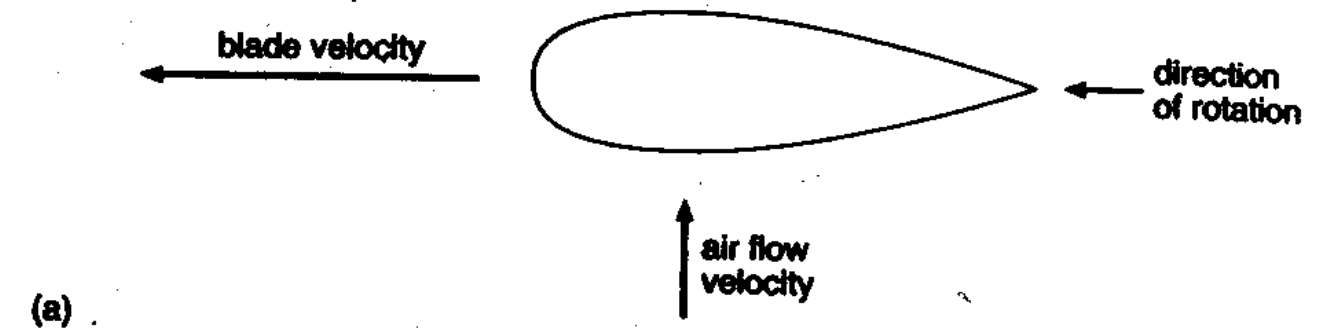
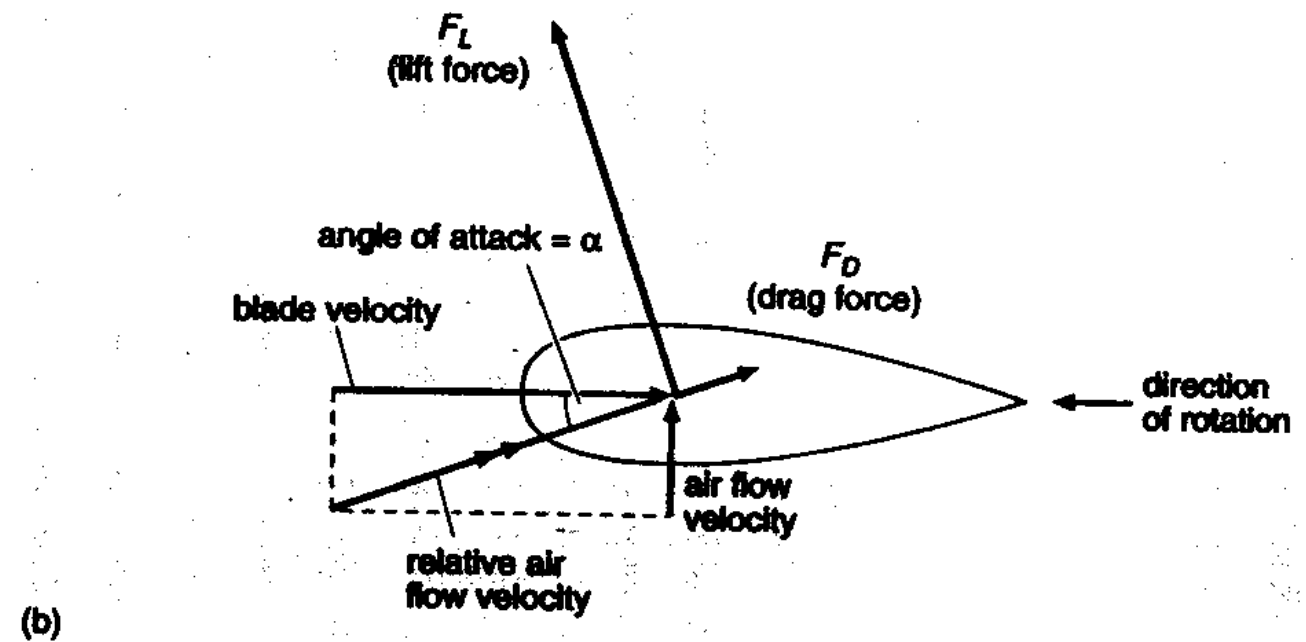


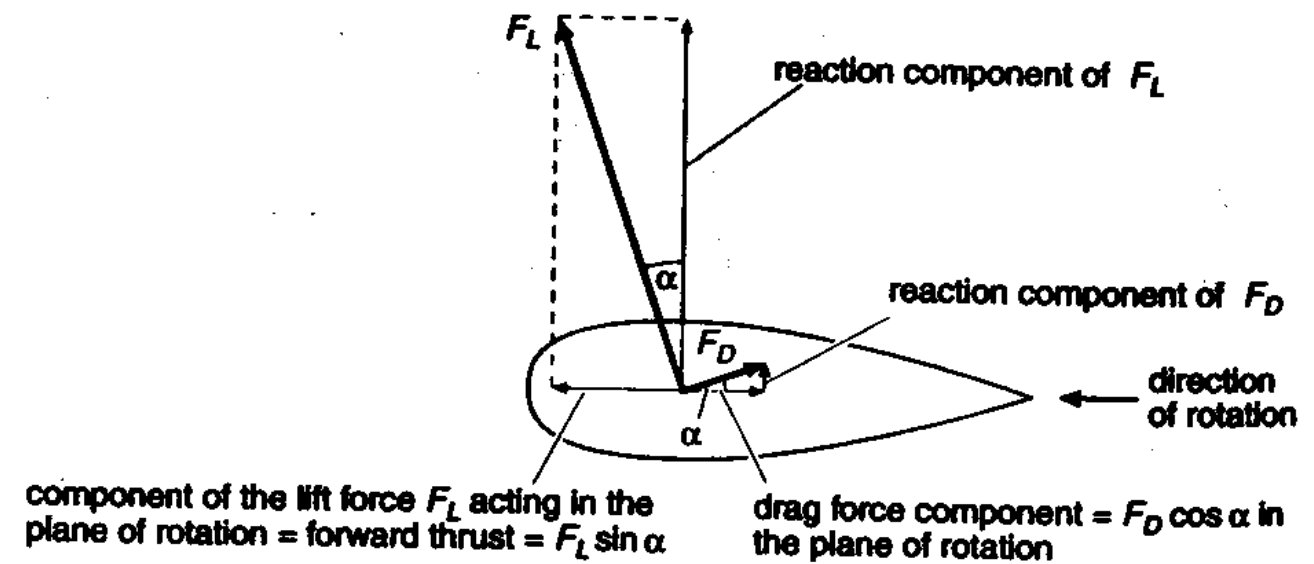
Figure 8.15 (a) Wells turbine: airflow and blade velocity; (b) Wells turbine: relative air velocity and lift and drag forces; (c) Wells turbine: forces in the plane of rotation



(a)



(b)



(c)

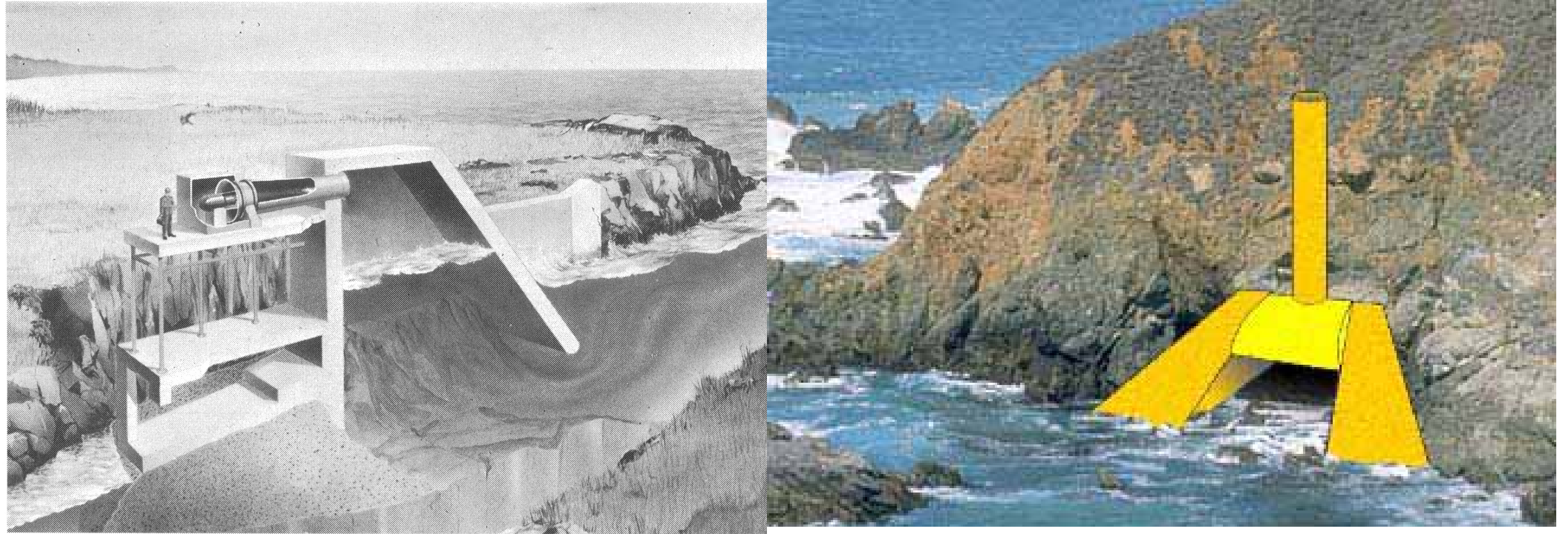
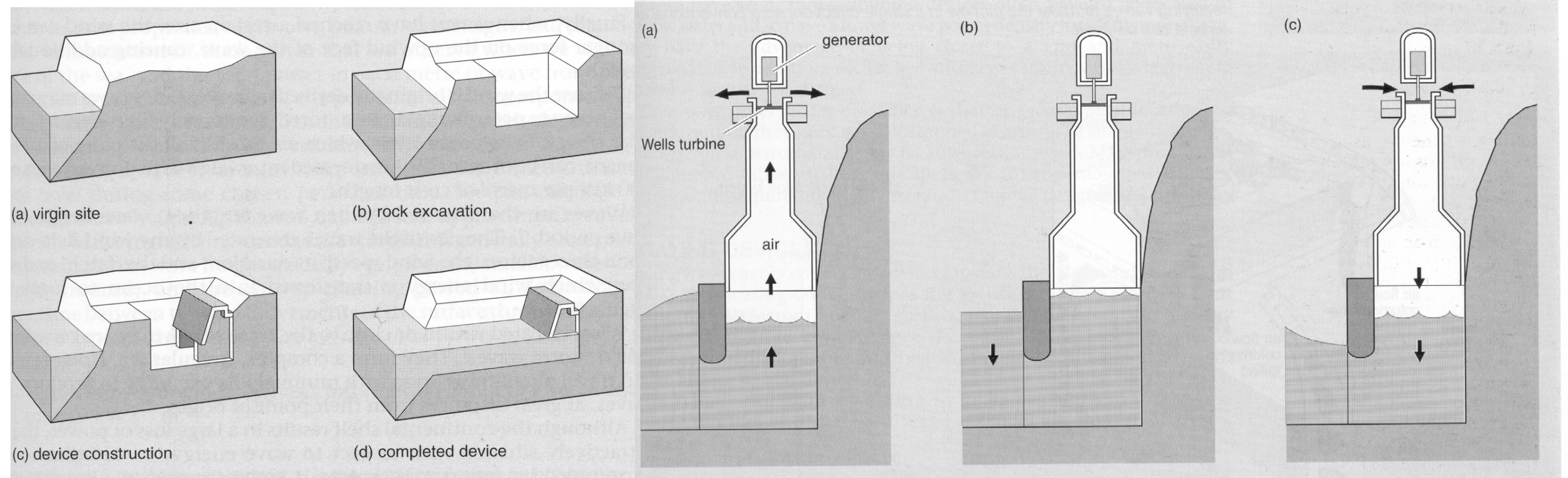
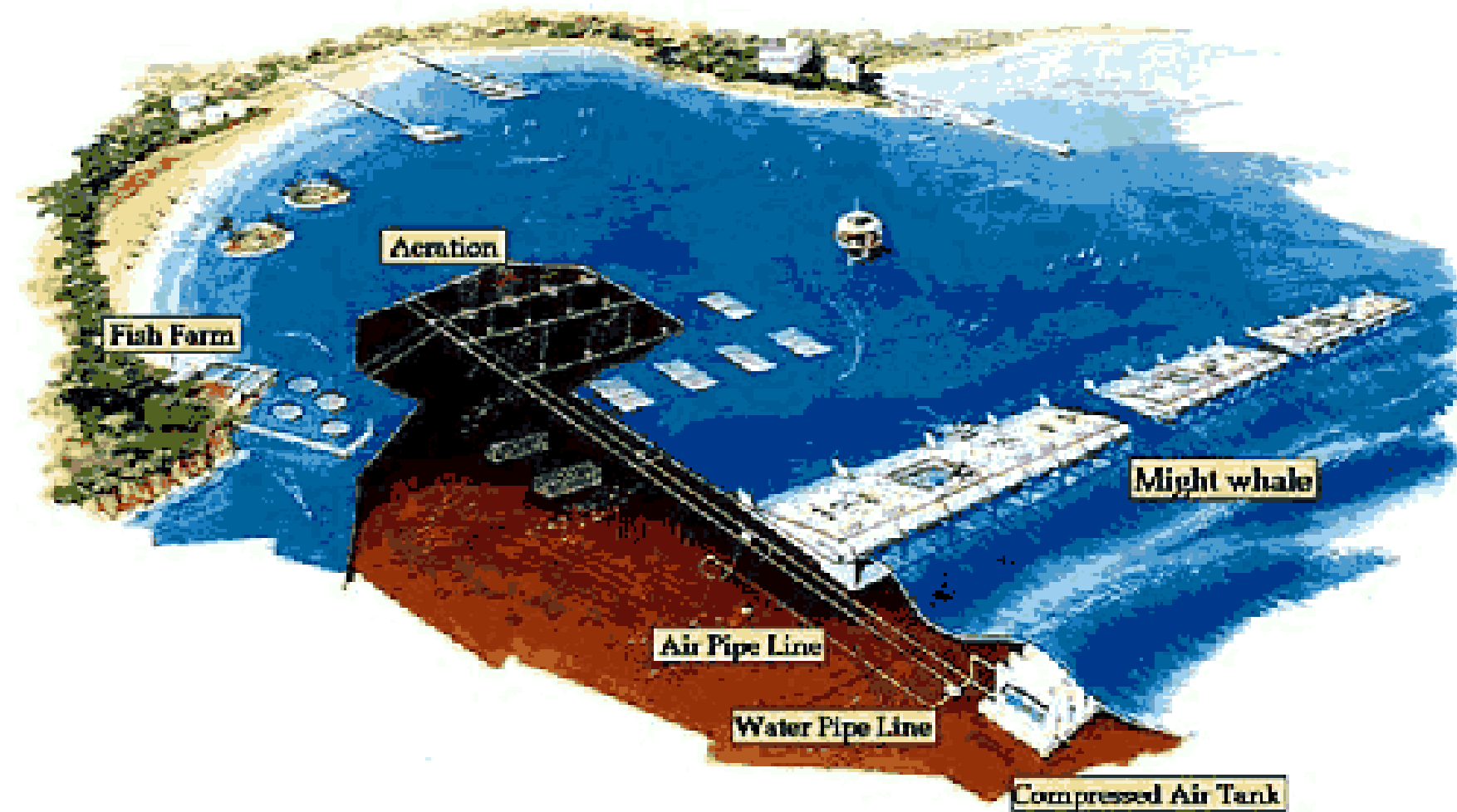
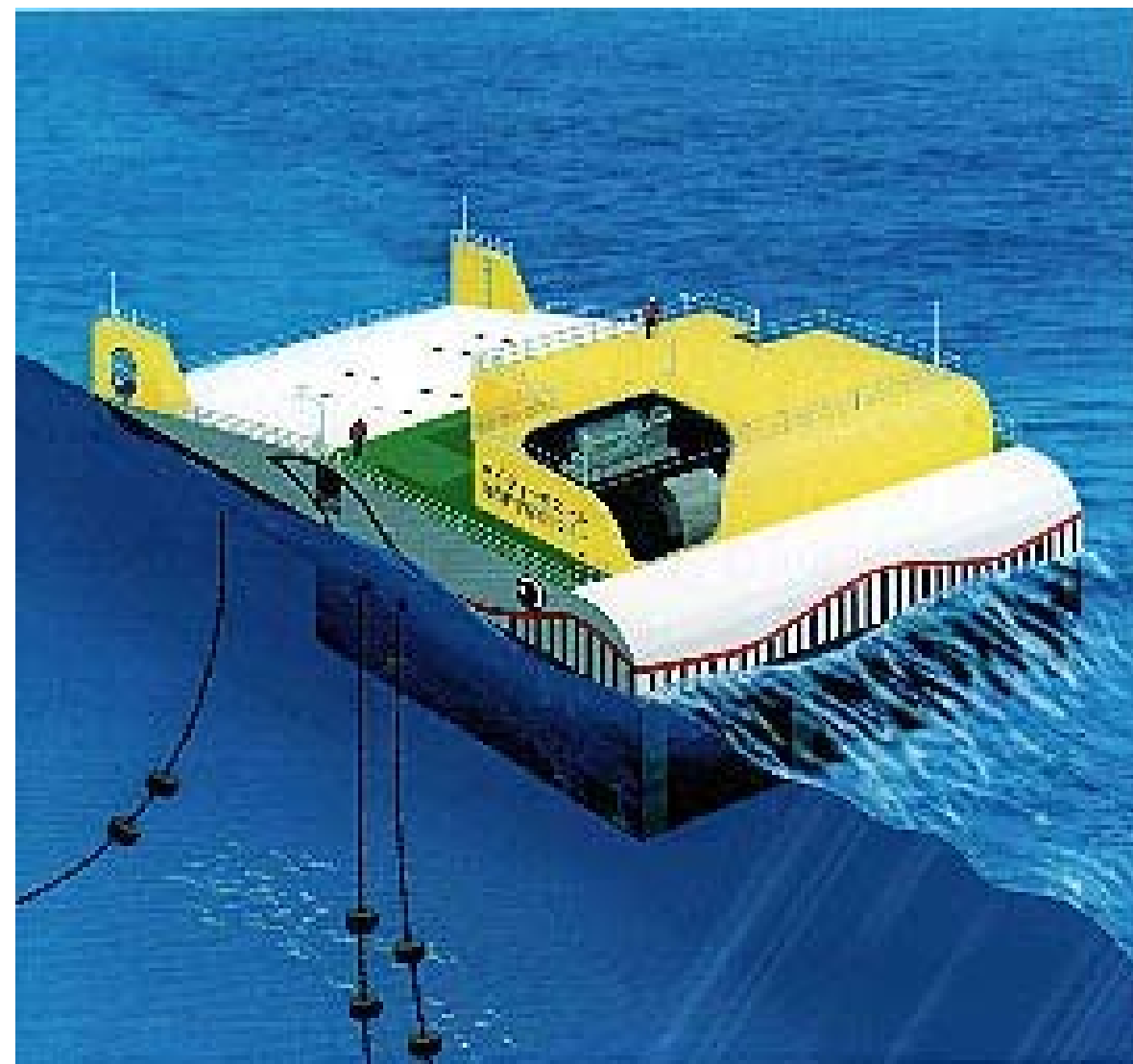


Figure 8.16 (a), (b) and (c) Principle of operation of a shore-mounted OWC





„Mighty Whale“
Japonsko, JAMSTEC
Semimobilní OWC
3 oddělené komory
testy 1998-2000 (?)



OWC

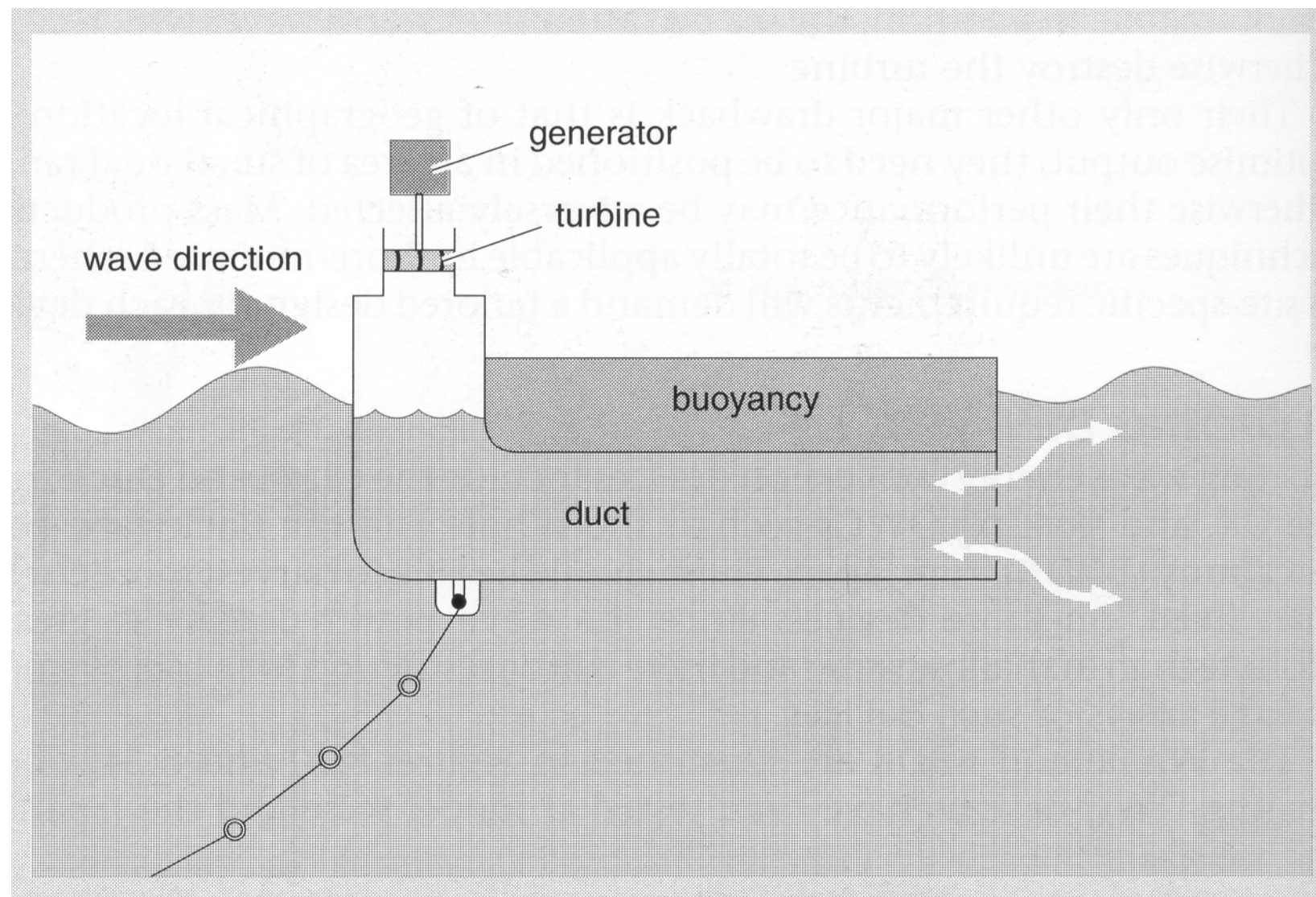
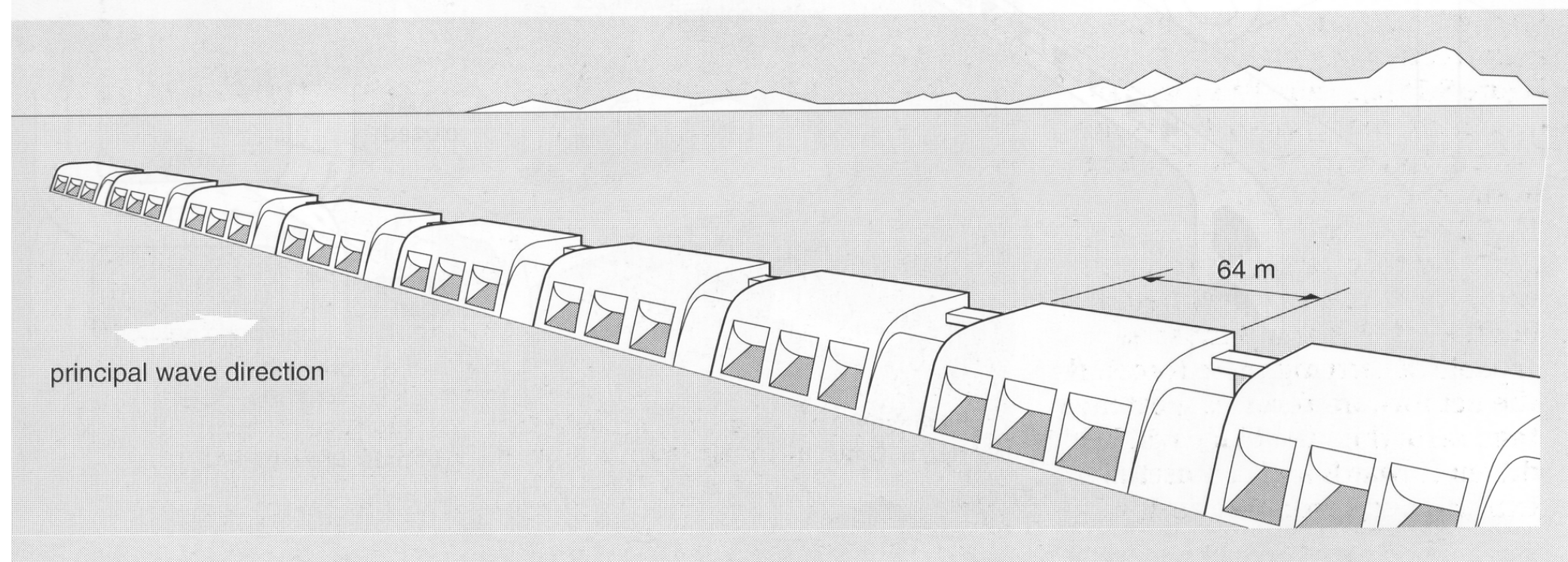


Figure 8.18 A breakwater consisting of a row of NEL OWC wave energy converters



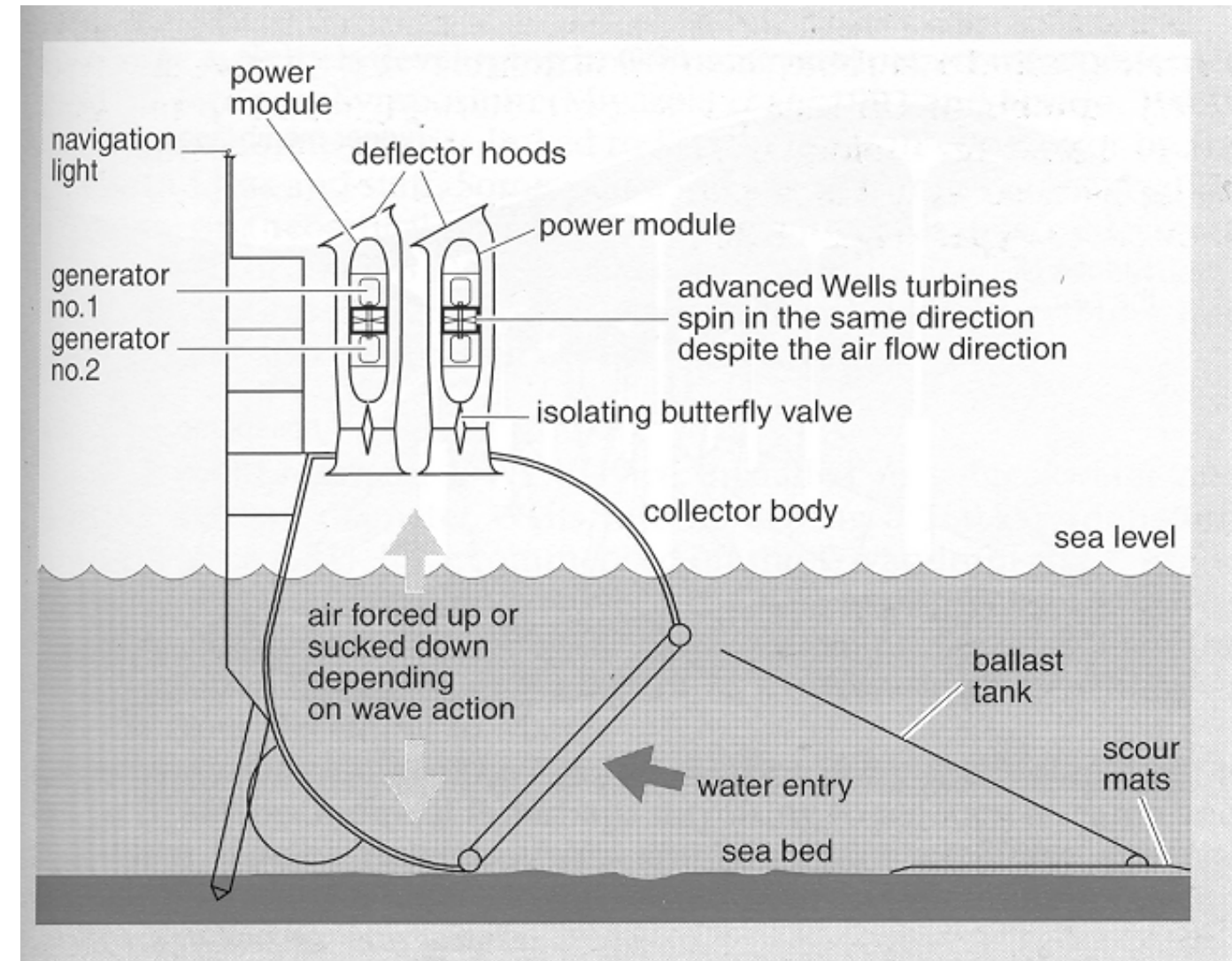
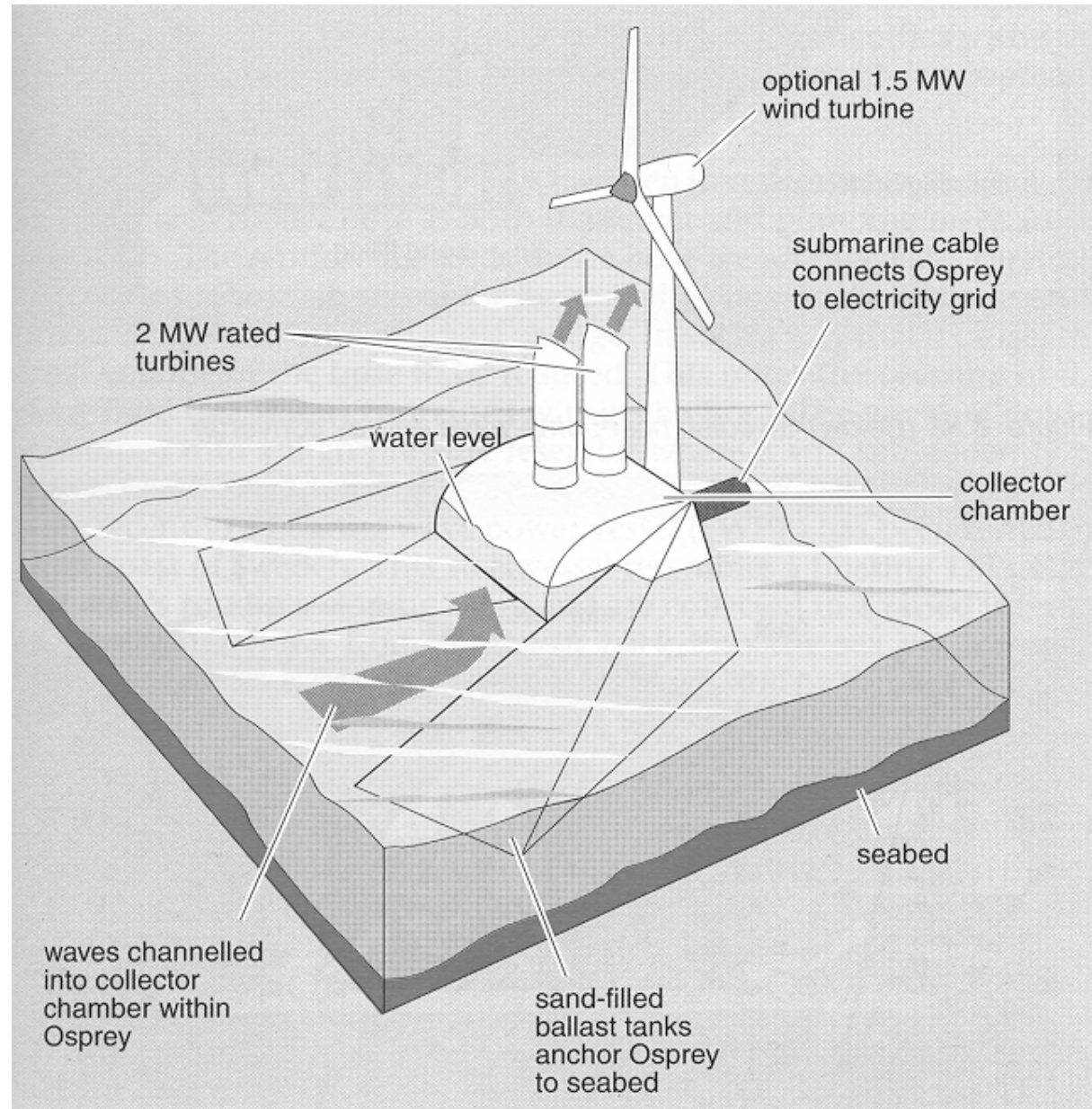
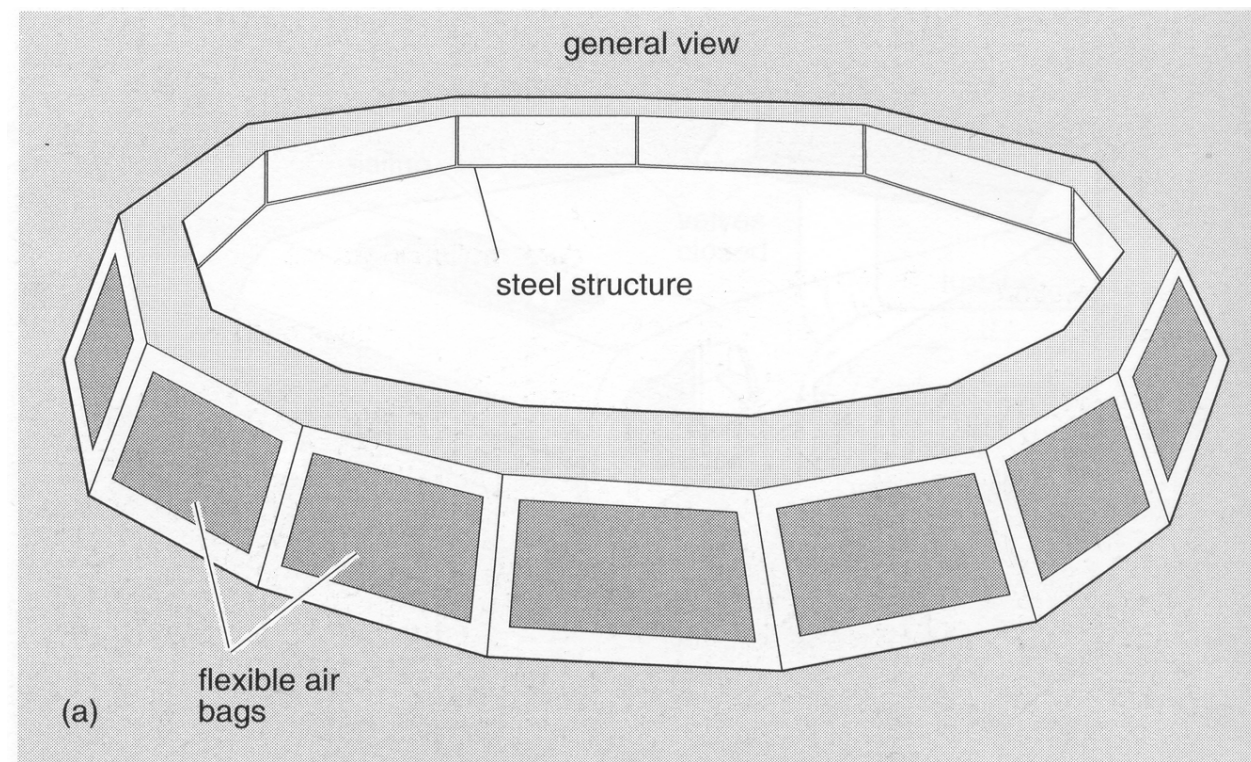
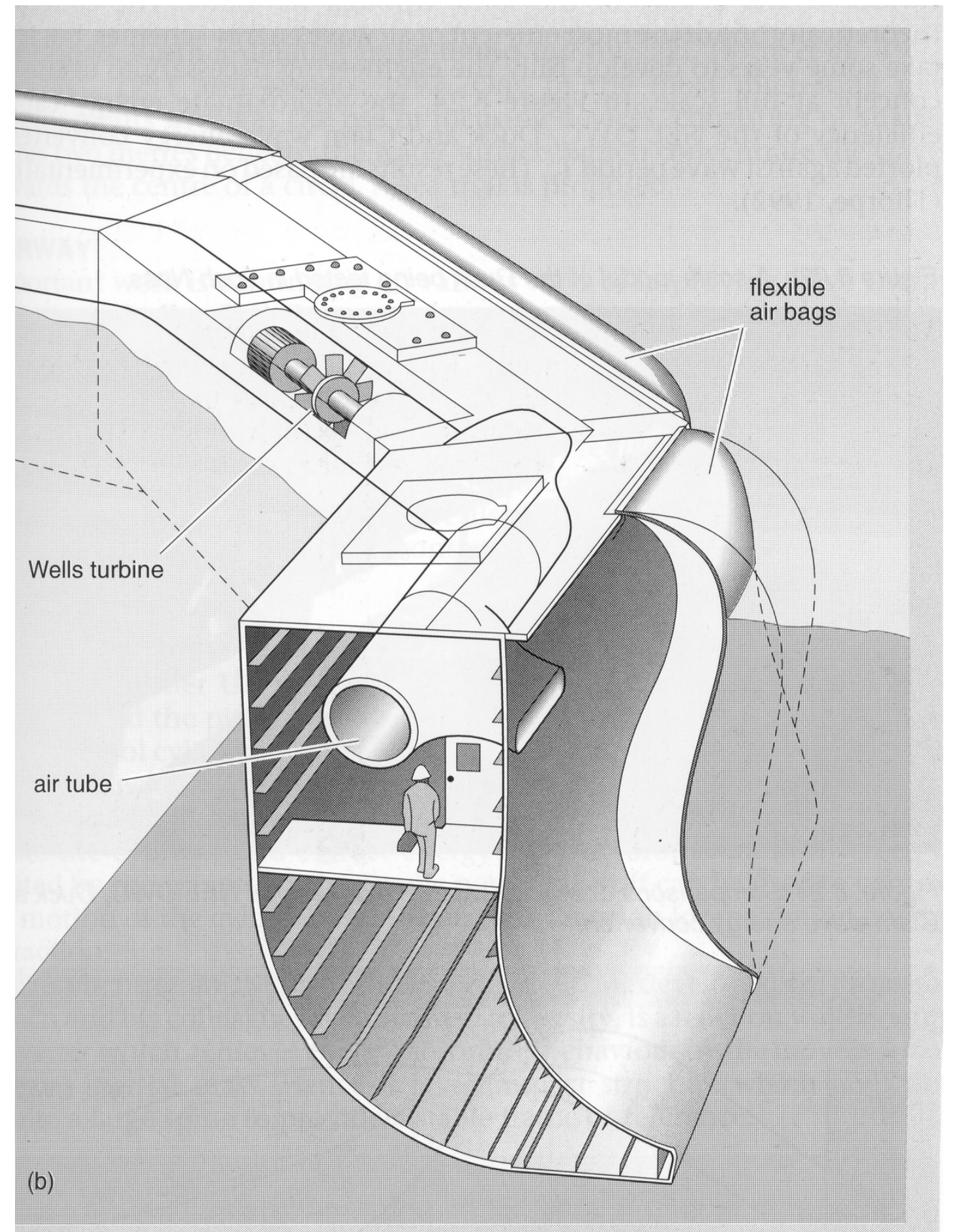


Figure 8.28 (Above) ART's OSPREY bottom standing OWC (OSPREY stands for Ocean Swell Powered Renewable Energy)

OWC



OWC



Kyvadlové (pístové) systémy

- Bóje
- Mola
- Pneumatické systémy
- Hydraulické systémy

Kyvadlo (Pendulor)

- Kyvadlo
- design vždy jen pro jedno optimální rozpětí vln

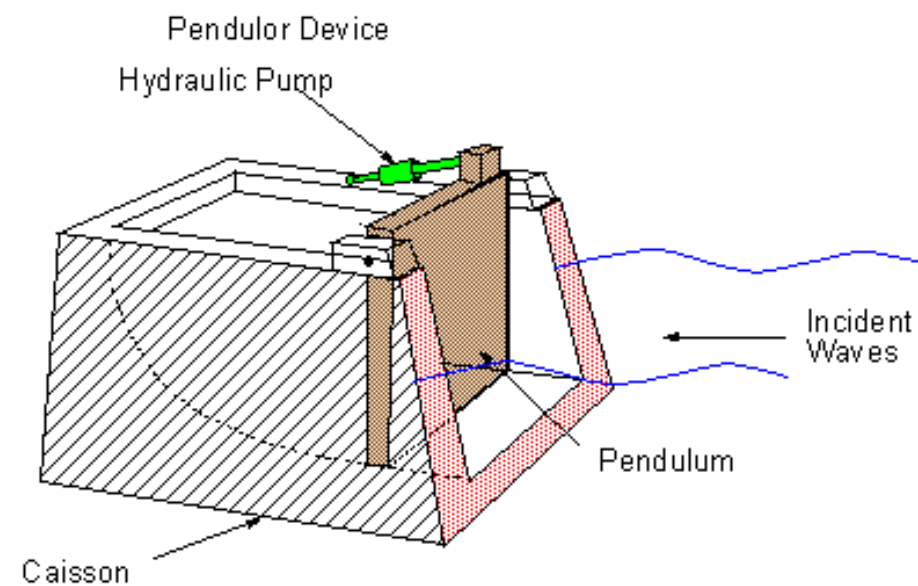
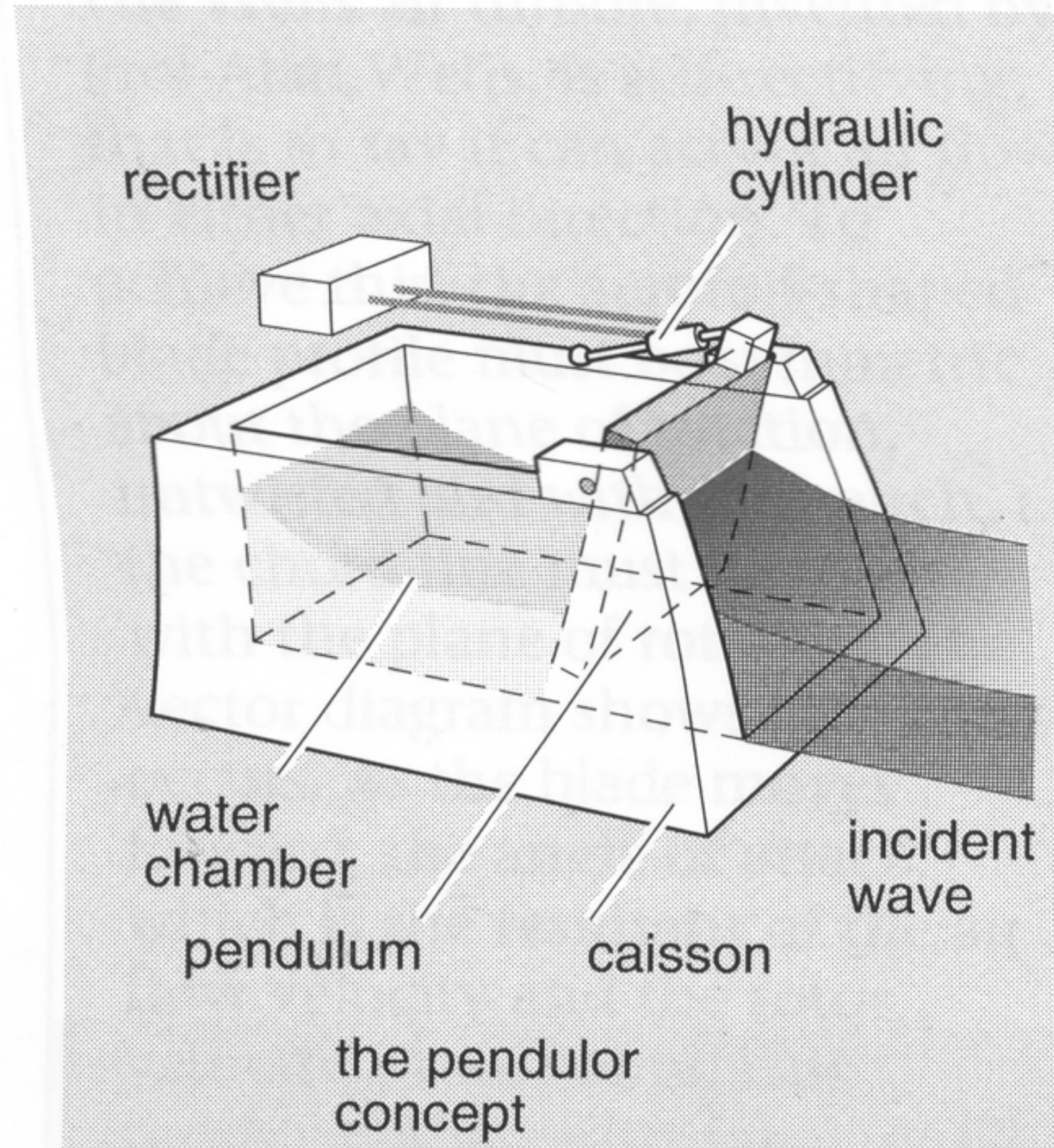
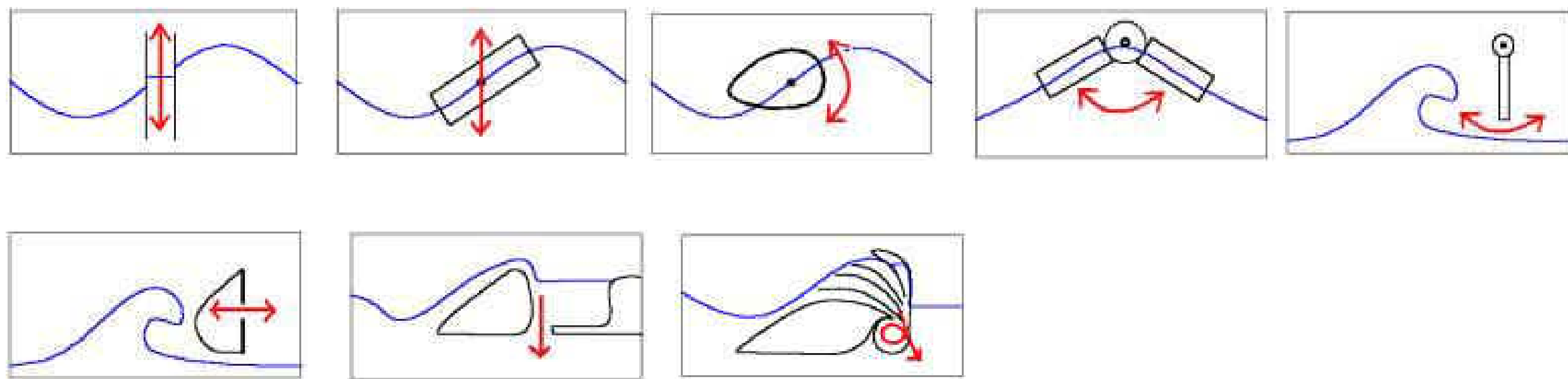


Figure 8.19 Japanese pendulor device





- **Plovoucí konstrukce (offshore)**
- bóje, mola $\Rightarrow$ hydraulický systém

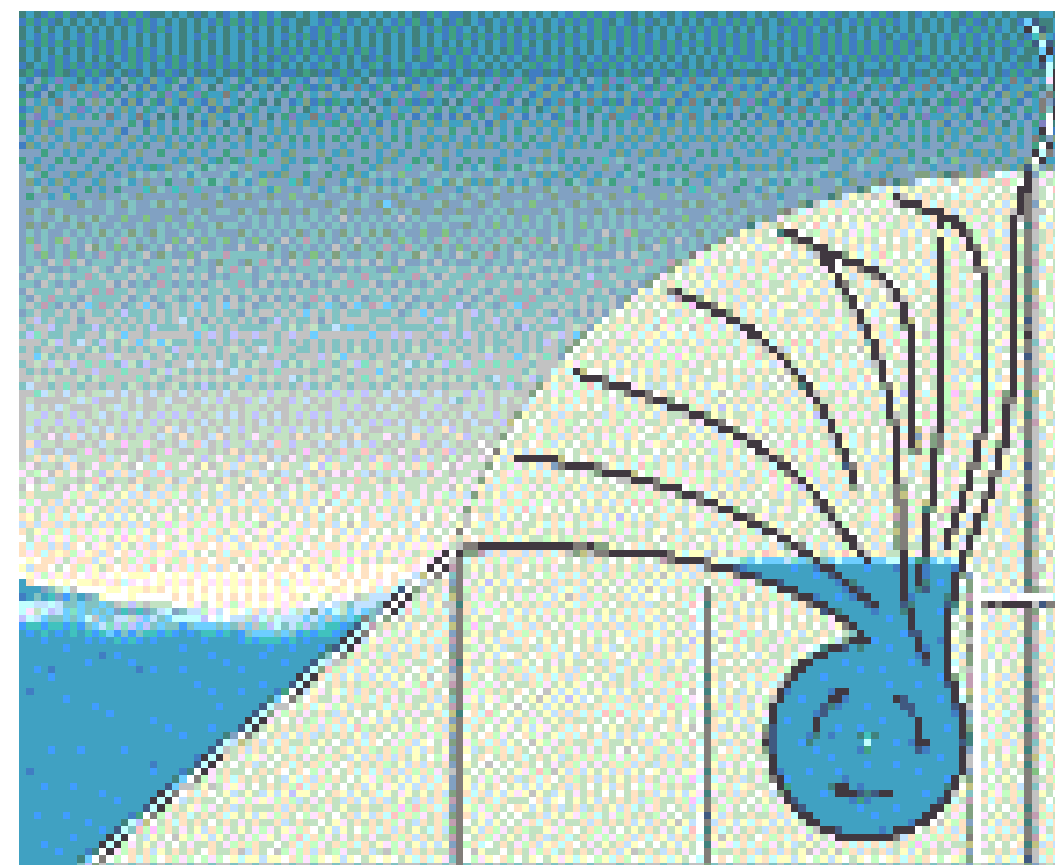
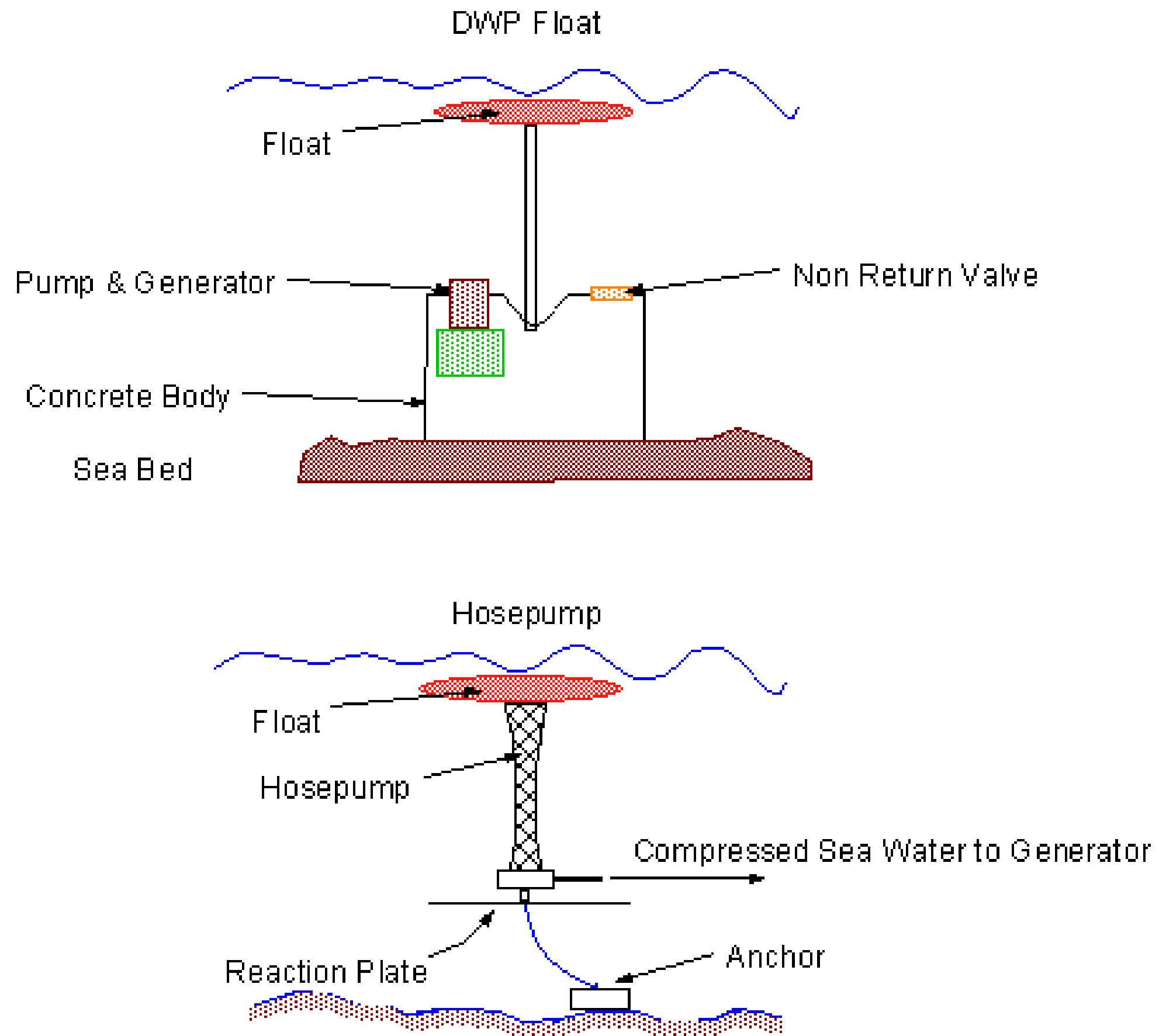
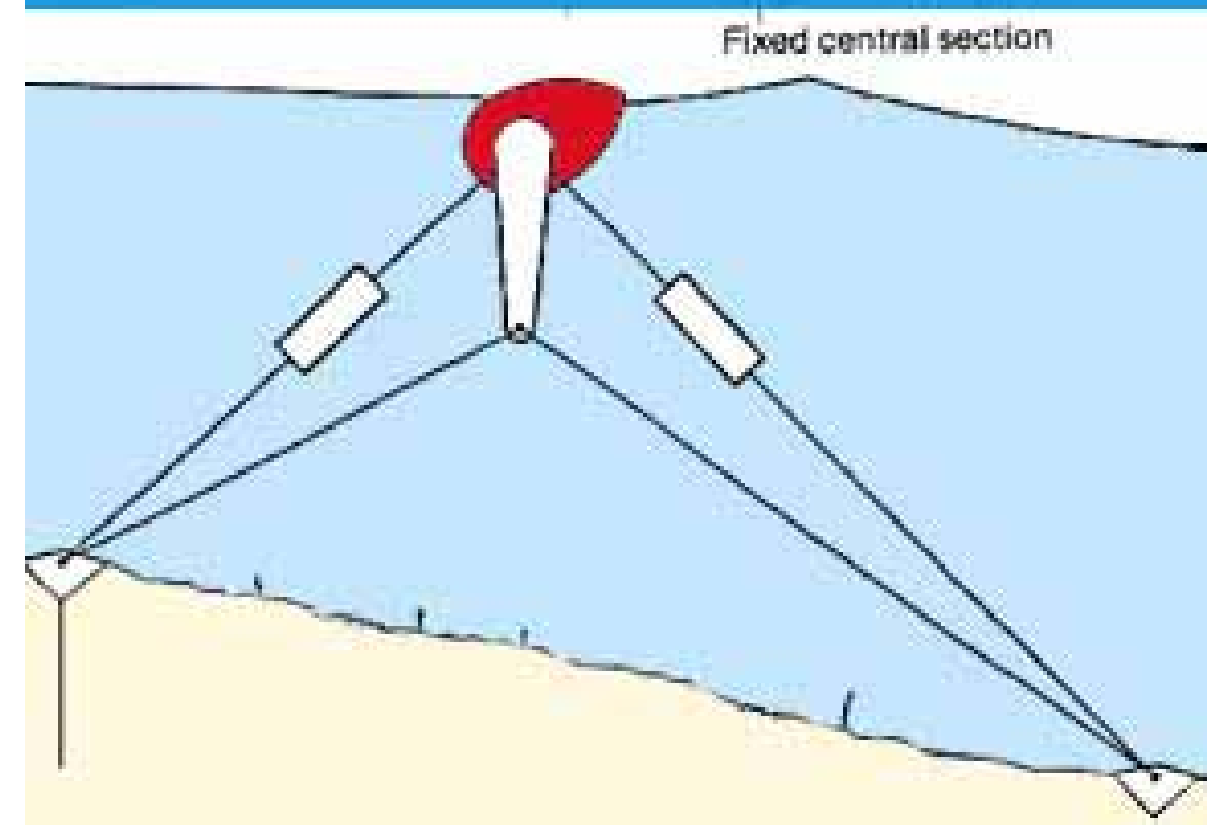
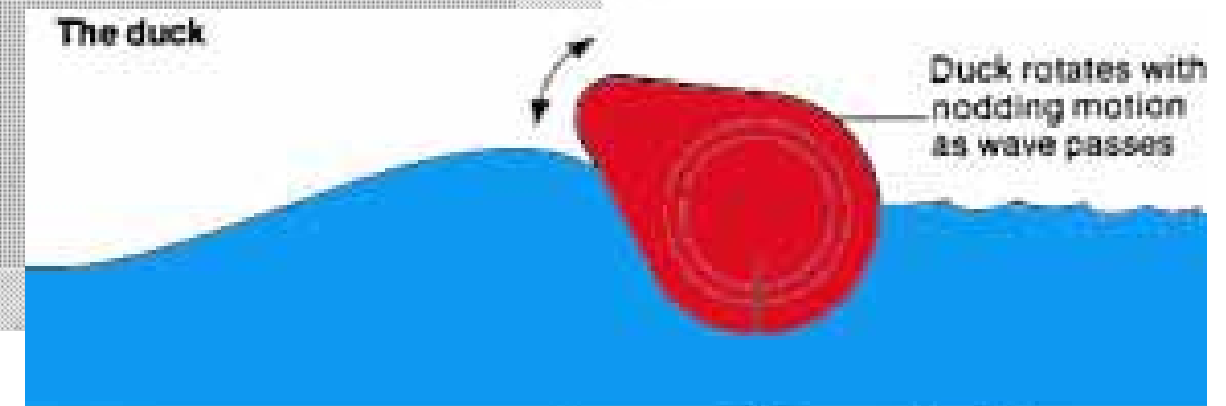
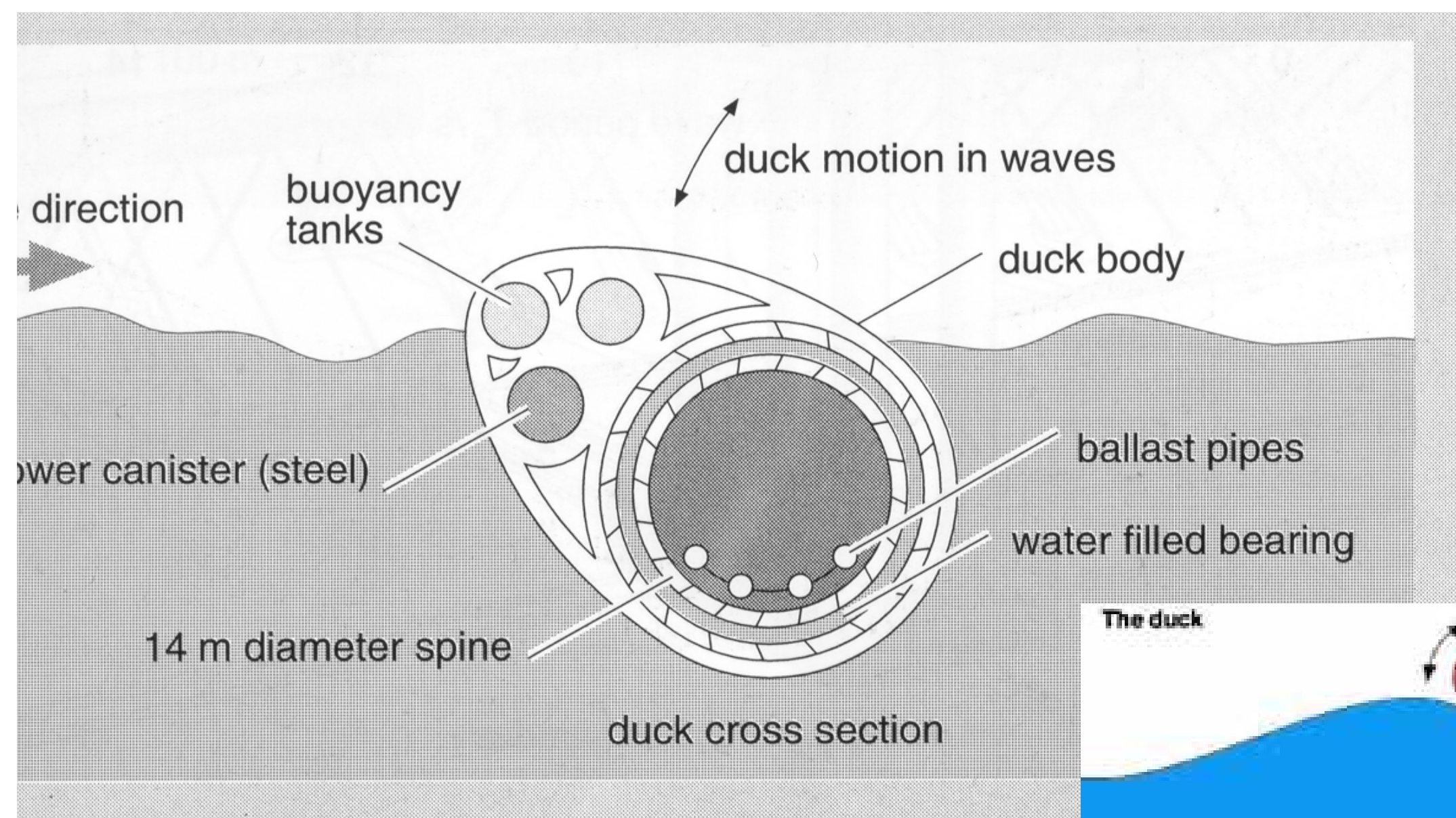


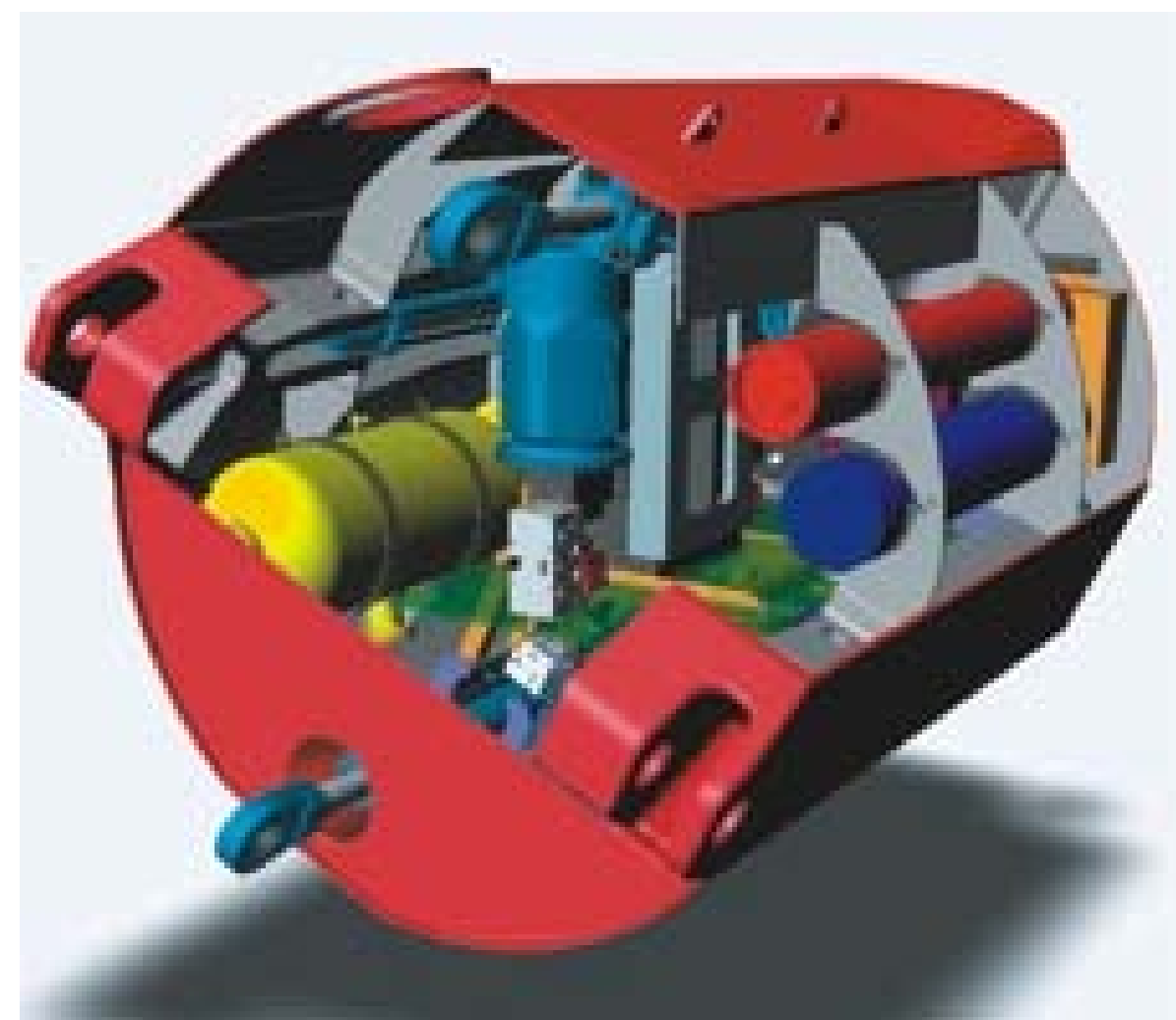
DIAGRAM REPRESENTATIVE OFFSHORE WAVE ENERGY DEVICES





Salter Duck,
Order 1980

Pelamis – hydraulický systém



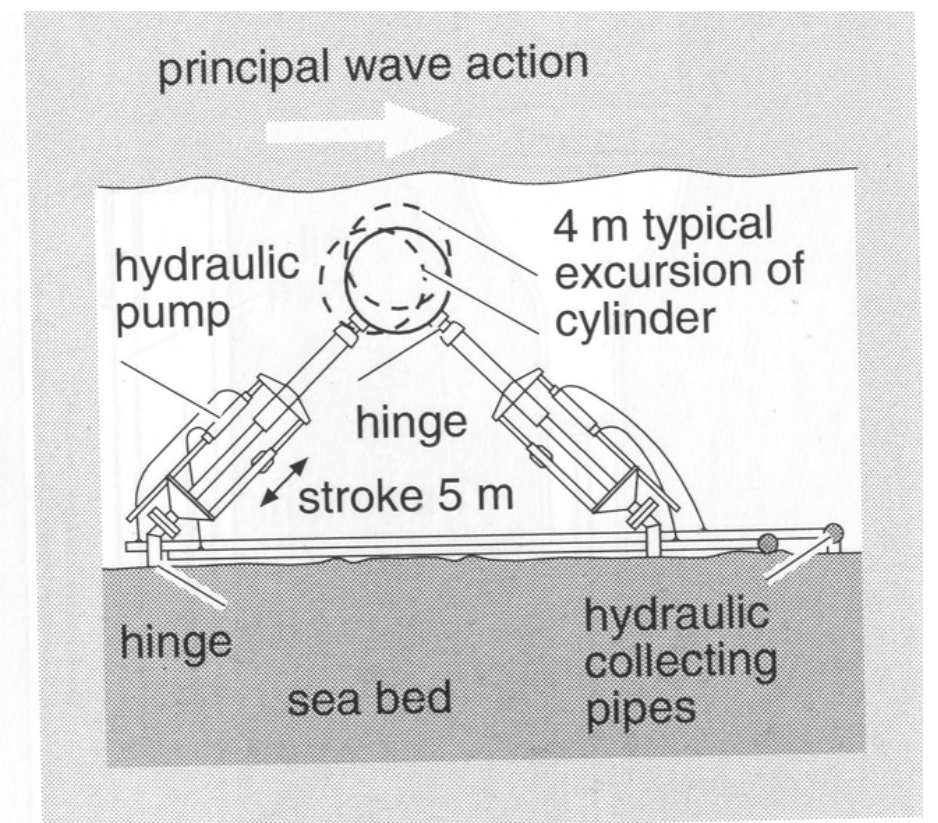
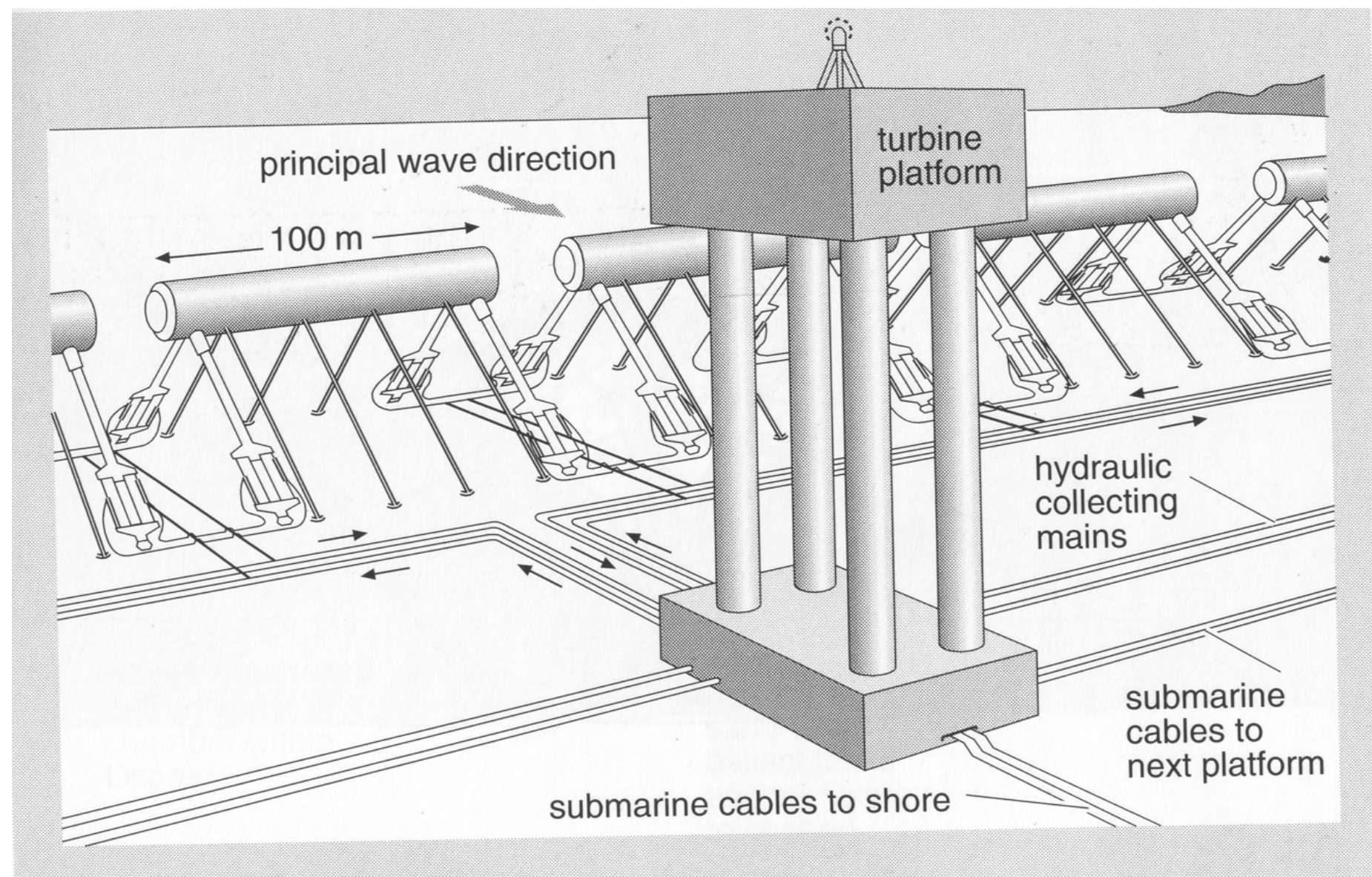


Figure 8.25 The Bristol cylinder wave energy converter

Figure 8.26 The pitching and surging Frog wave energy converter

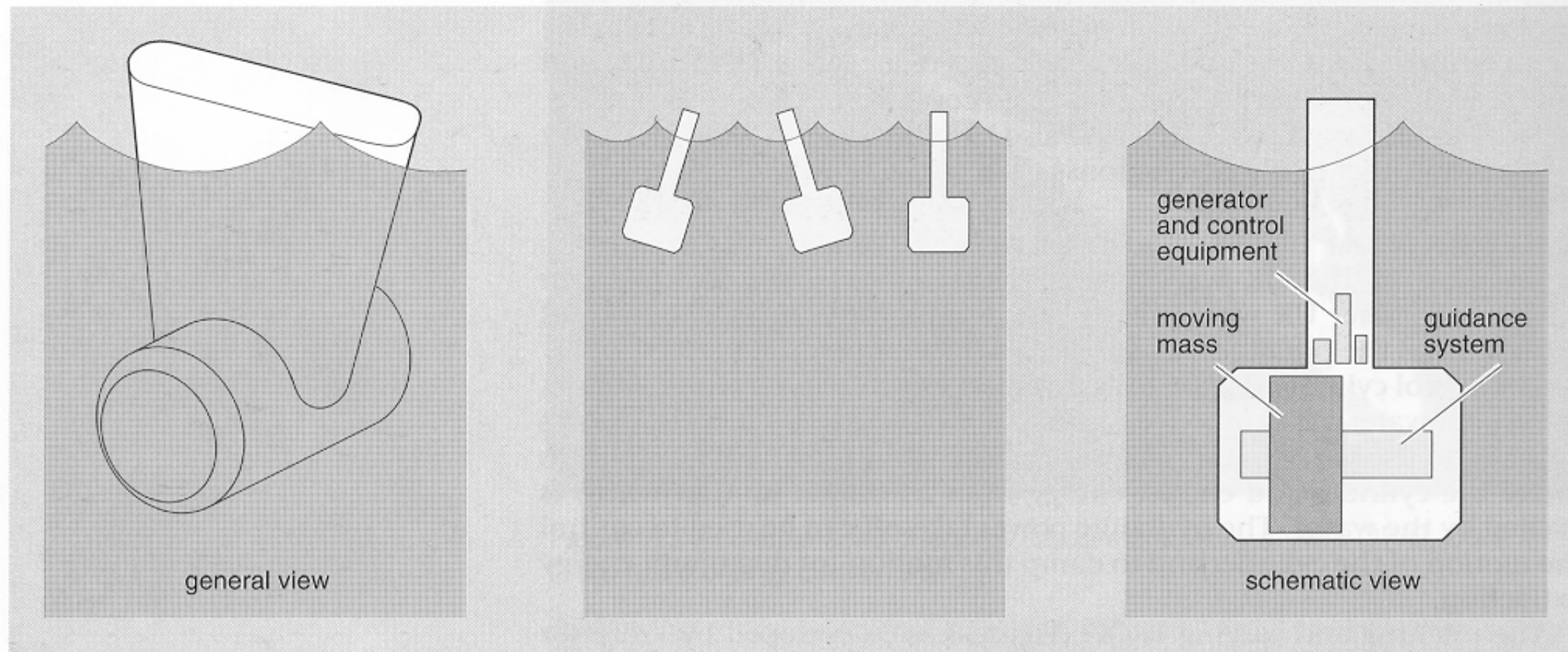
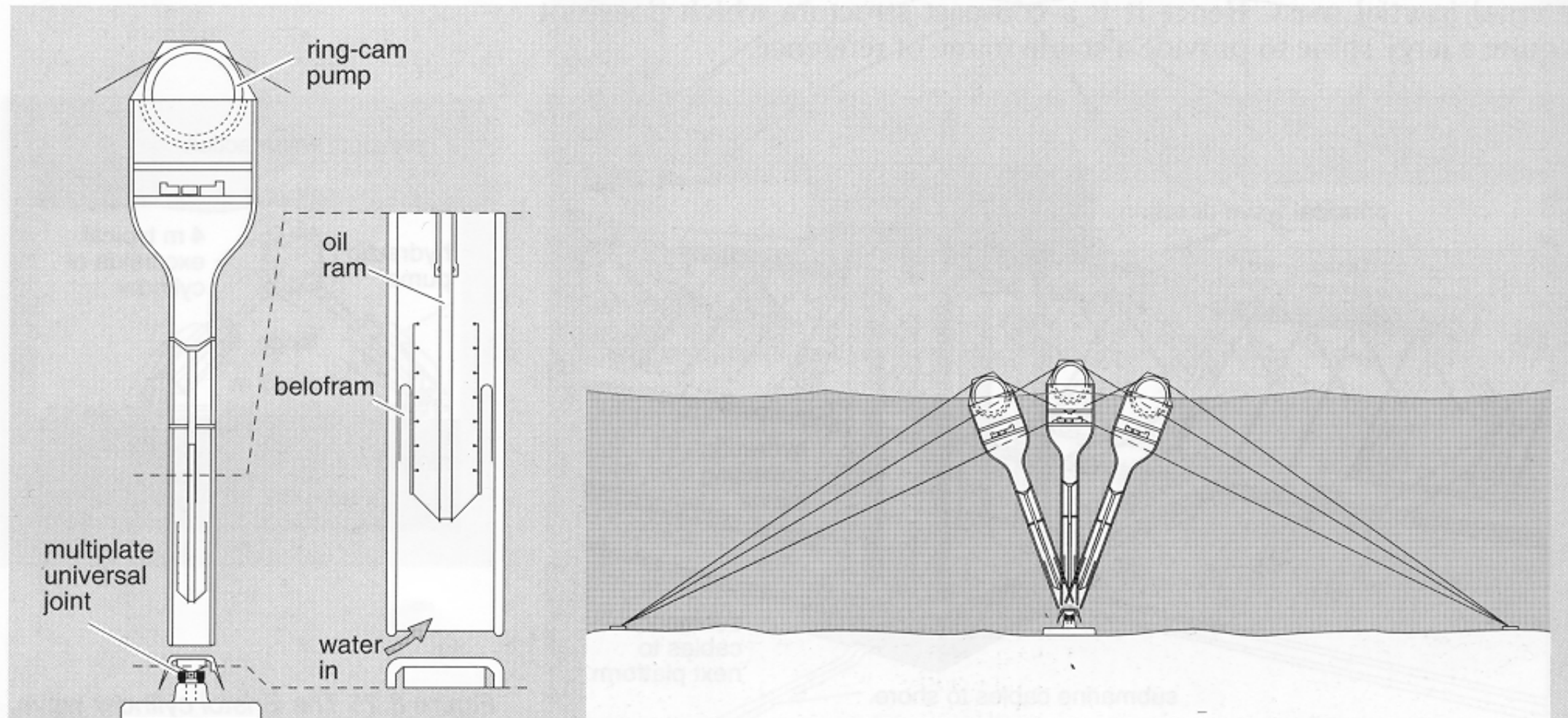


Figure 8.27 Edinburgh University's 'mace' wave energy converter ('belofram' is a rolling seal)





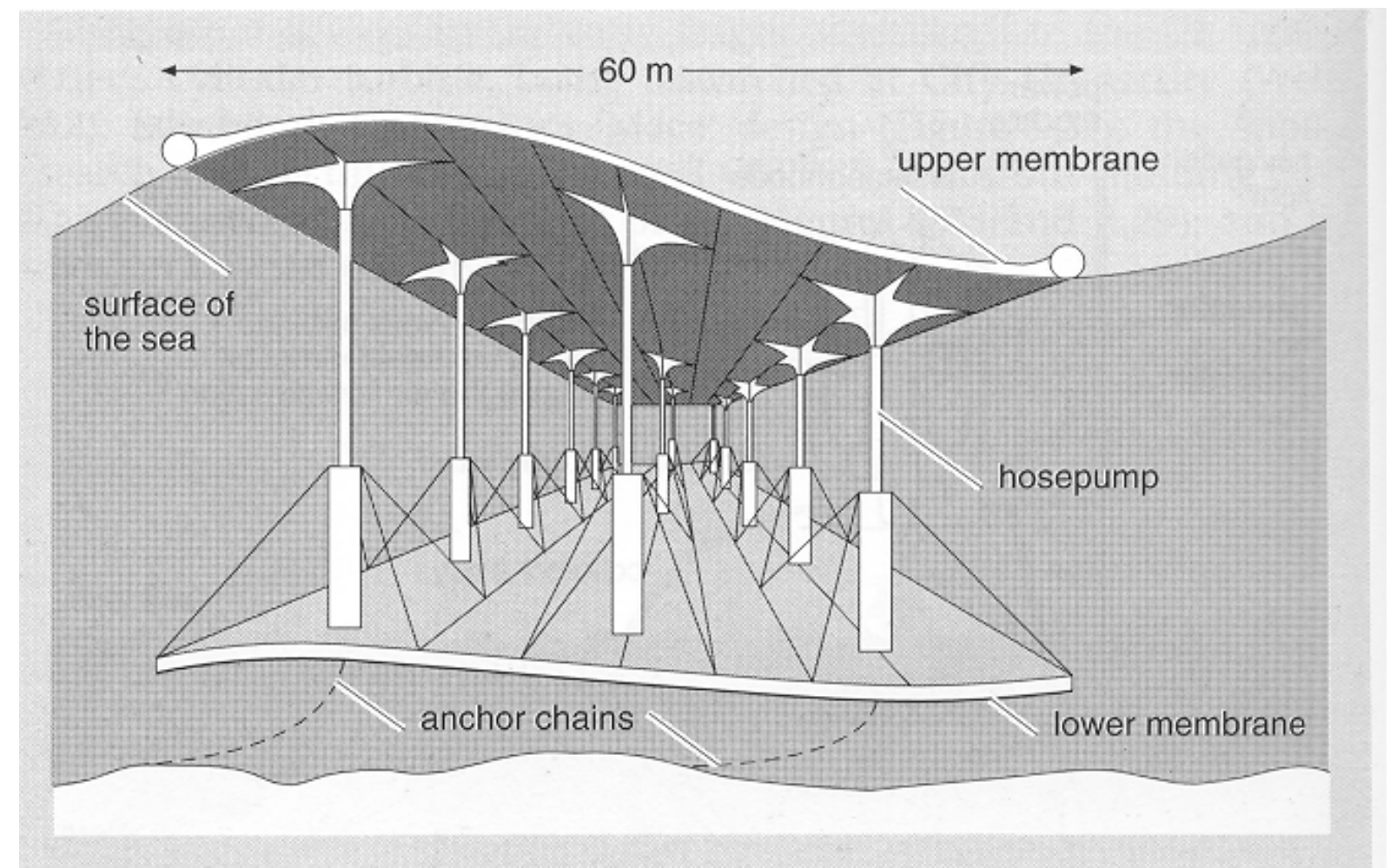
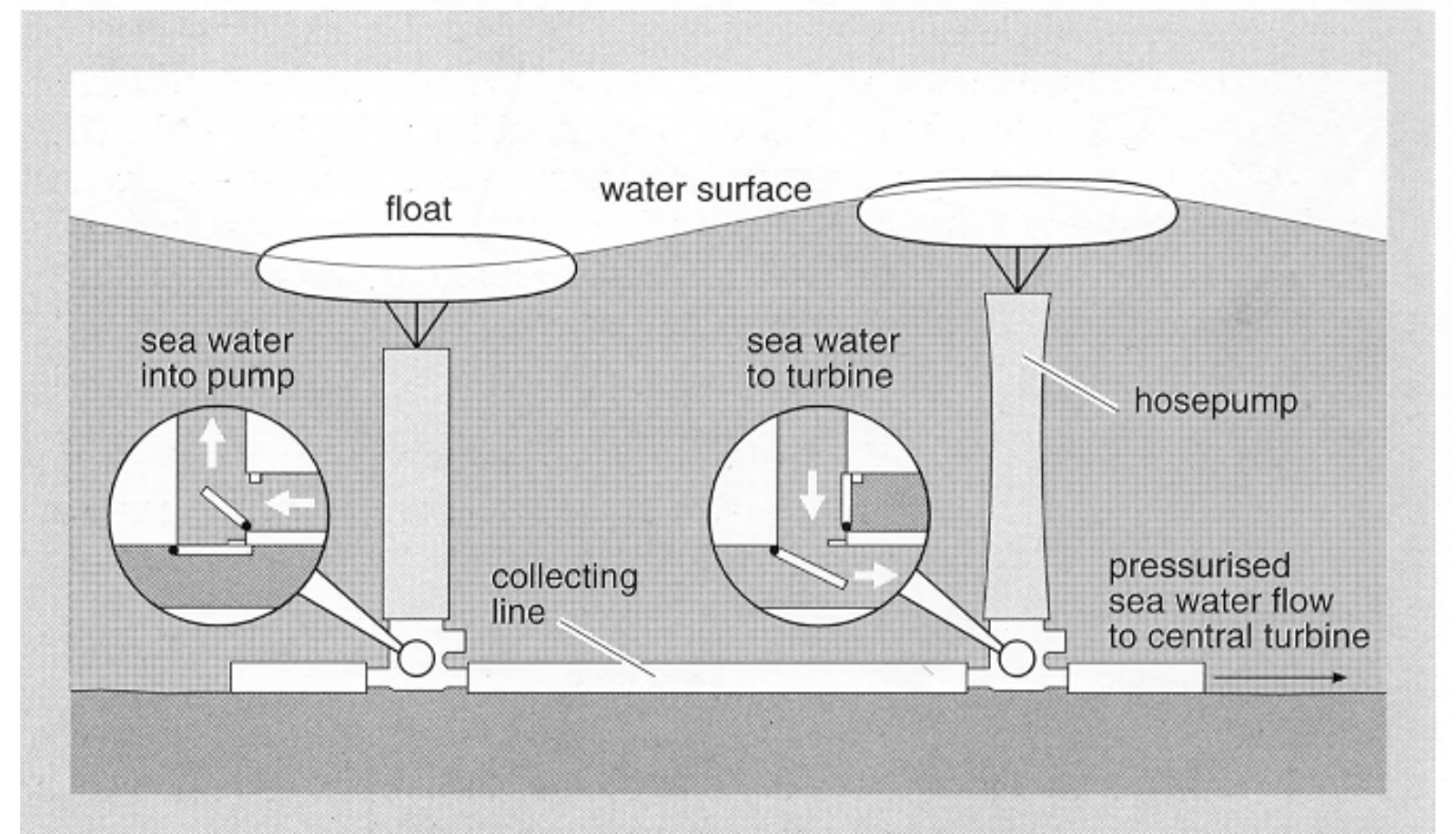
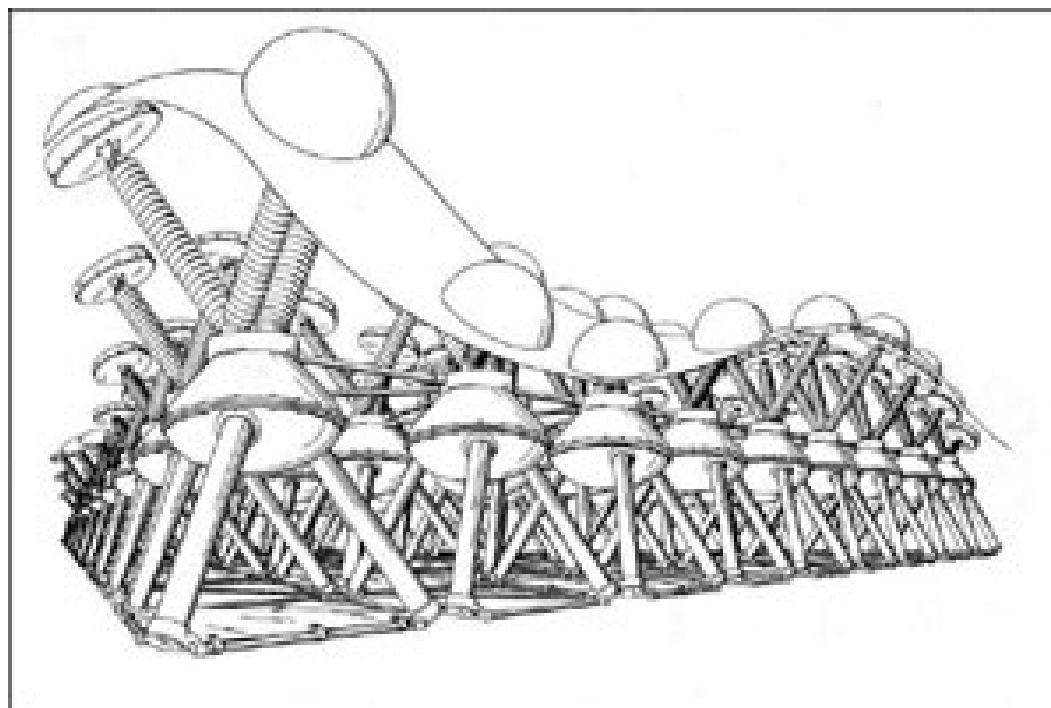
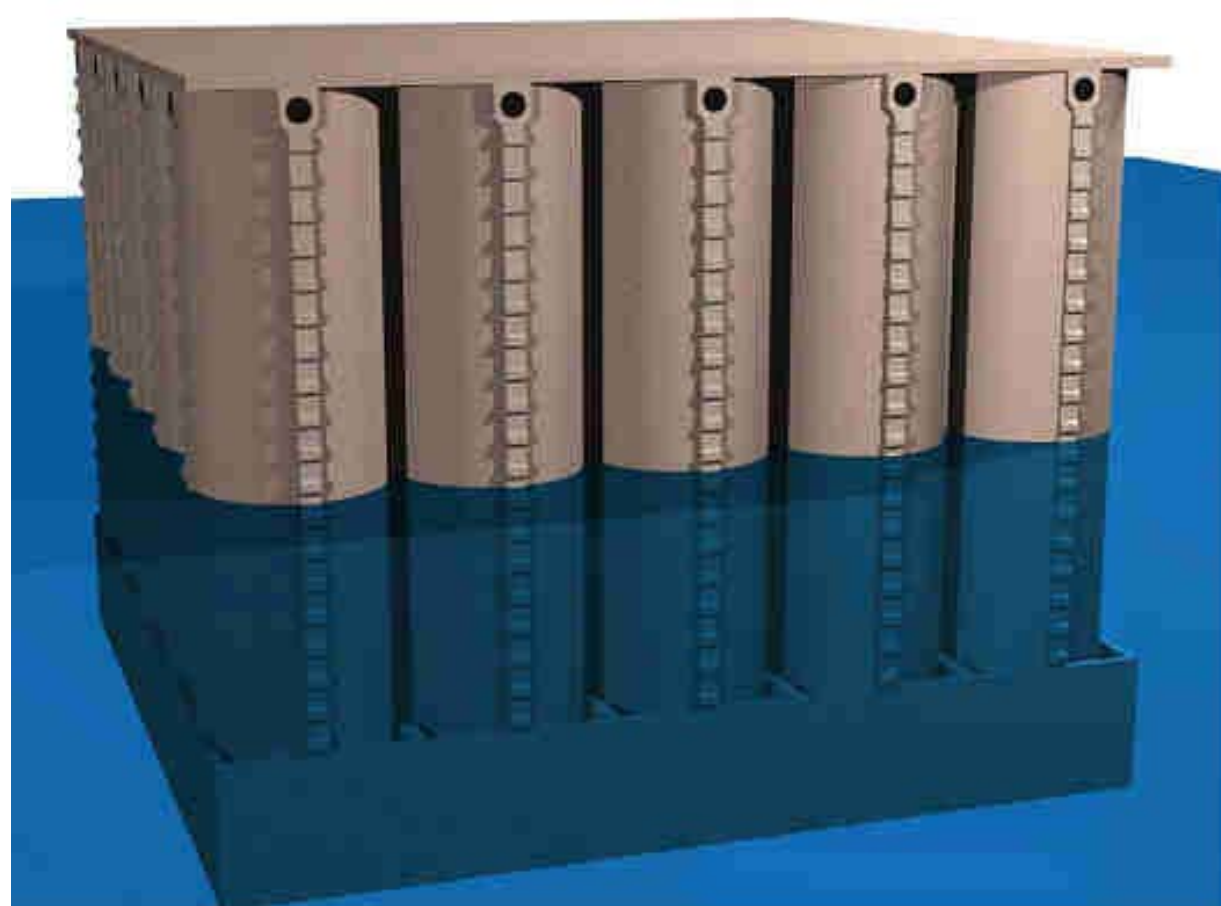


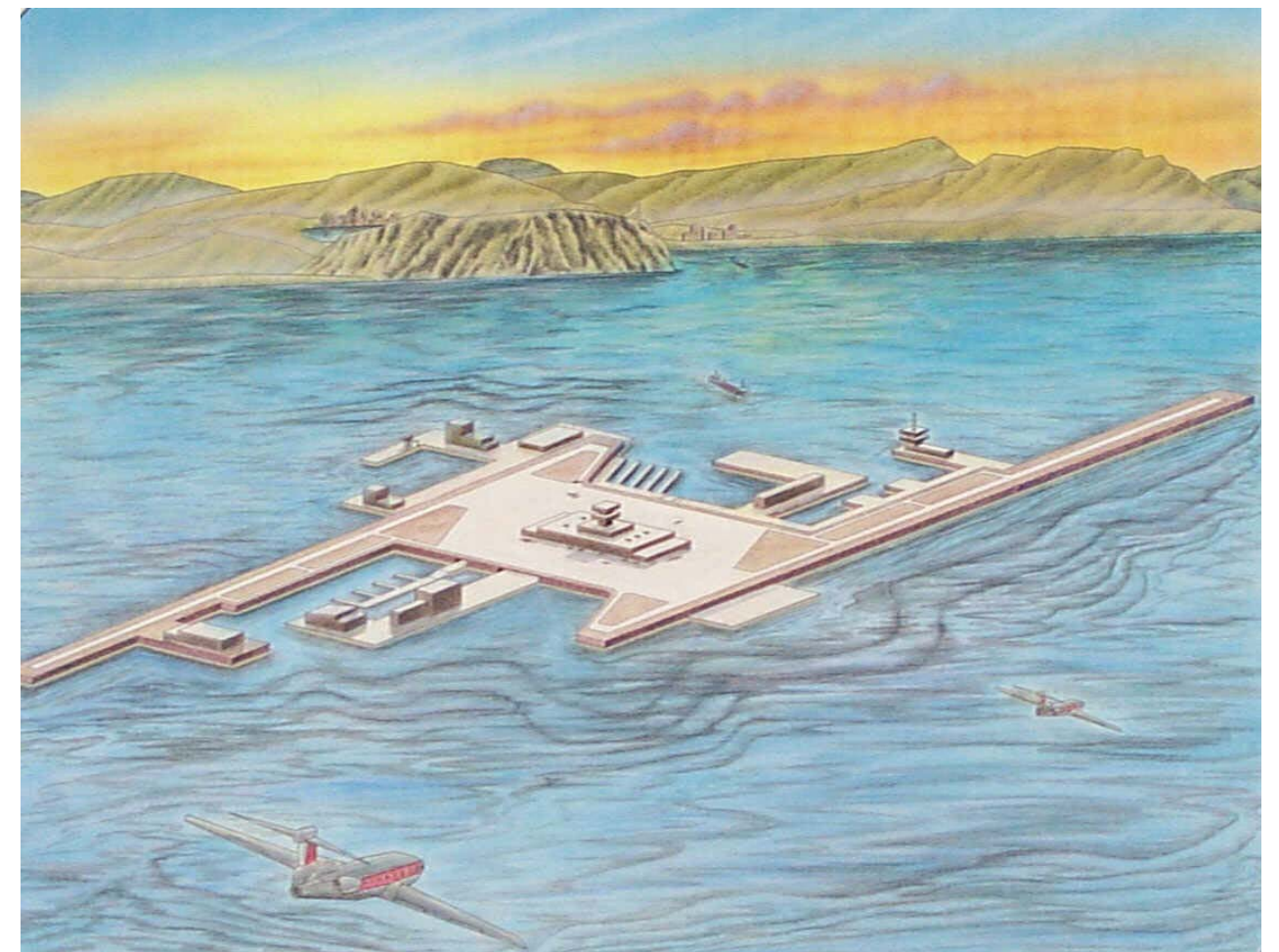
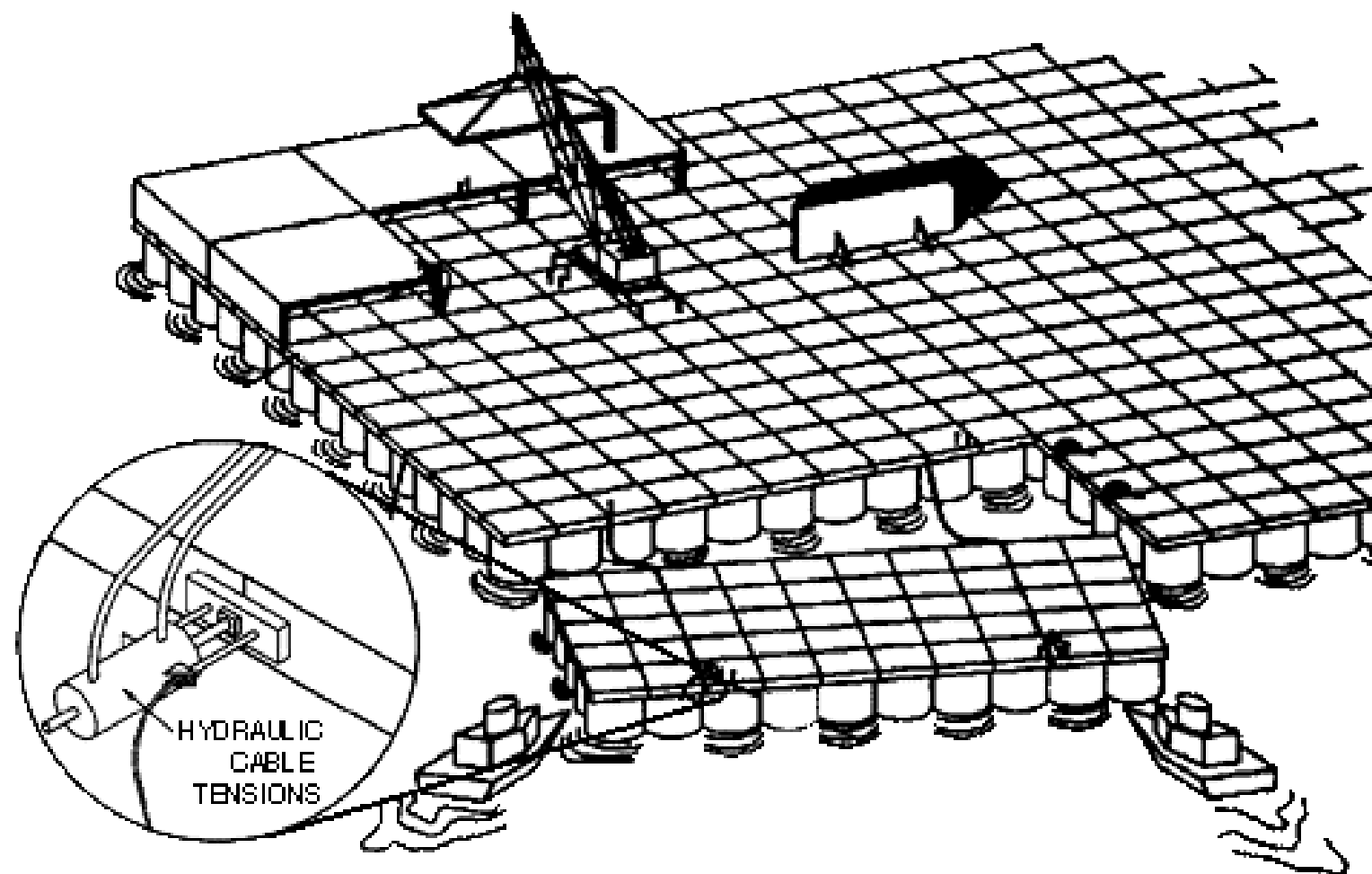
Figure 8.33 (Below) Swedish hosepump wave energy converter





Únor 2004

The Pneumatically Stabilized Platform (PSP)



Offshore airports, oil and gas production facilities, floating Islands, mobile offshore military bases, additional real estate for coastal cities, floating harbors, floating breakwaters, are just some of the possible uses of this new technology.

The PSP has a number of important features:

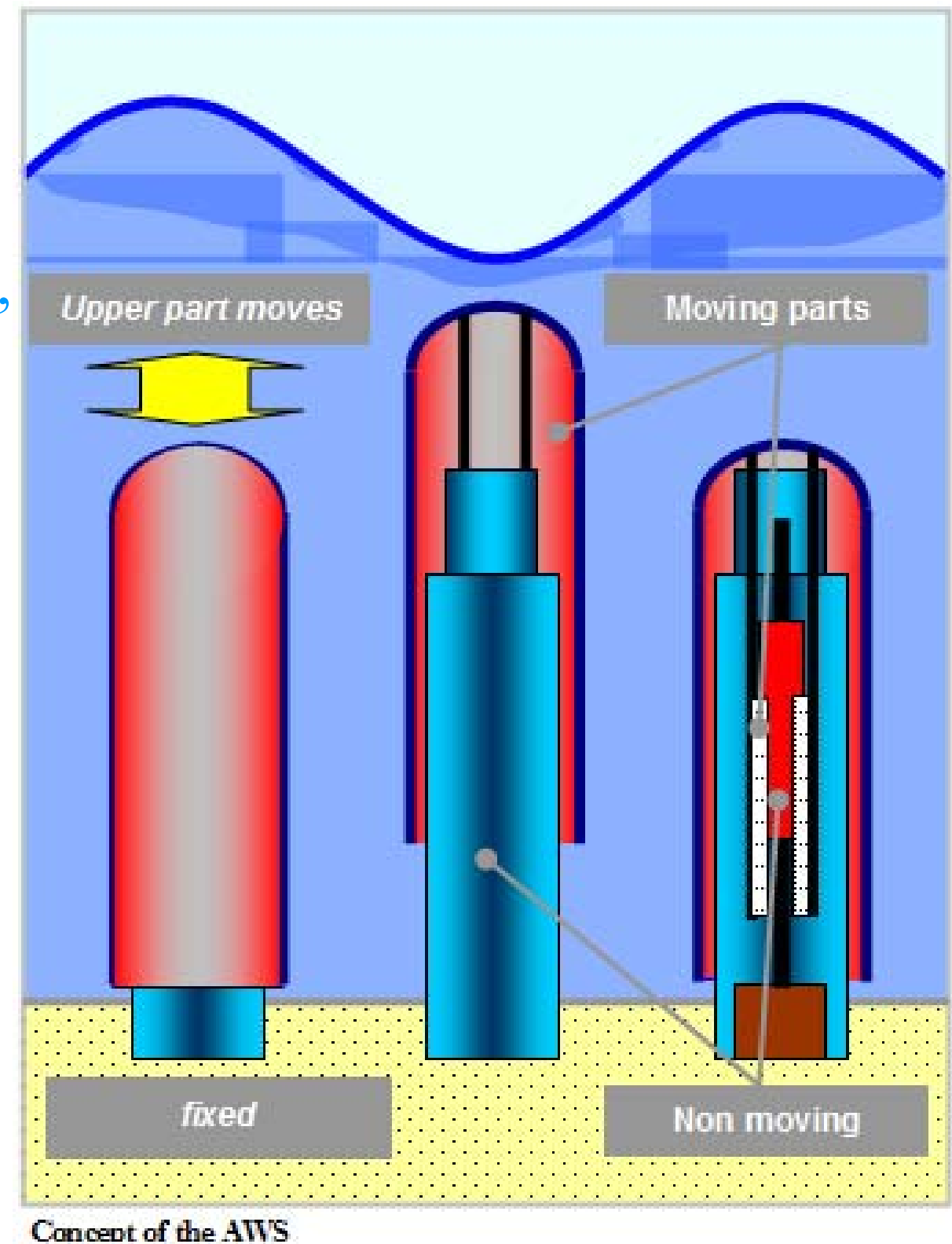
- It uses air movement to reduce wave loads and distribute them throughout the platform
- It extracts energy from ocean waves that can be used to make electricity.
- It attenuates the waves leaving a calm surface that permits adjacent ship berthing.
- It has a relatively shallow draft and low adjustable freeboard.

Compared to most large open-ocean platforms:

- It has a significantly greater deck load capacity.
- It is less costly to build and maintain.
- Its performance improves with size.

Archimedes Wave Swing (AWS)

- **Jediný zcela ponořený systém** (bez vizuálního impaktu, pouze omezení plavby)
- Odhad: na ploše 10x10km ... X00MWe
- Dva cylindry, vnitřní pevný (fixní se dnem), vnější obsahuje magnety, vnitřní vinutí = lineární elektrický generátor
- Vzduchová výplň funguje jako (tlumič-pružina), násobí účinky vln
- 1993 – první idea
- 1995-2001: modely 1:50 až 1:2
- 2004 – první prototyp
- Projekt Portugalsko (Lexious), dotováno státem, výkupní cena EE 0.23 E/kWh
- 2007 sériové testování (pre-commercial stage)

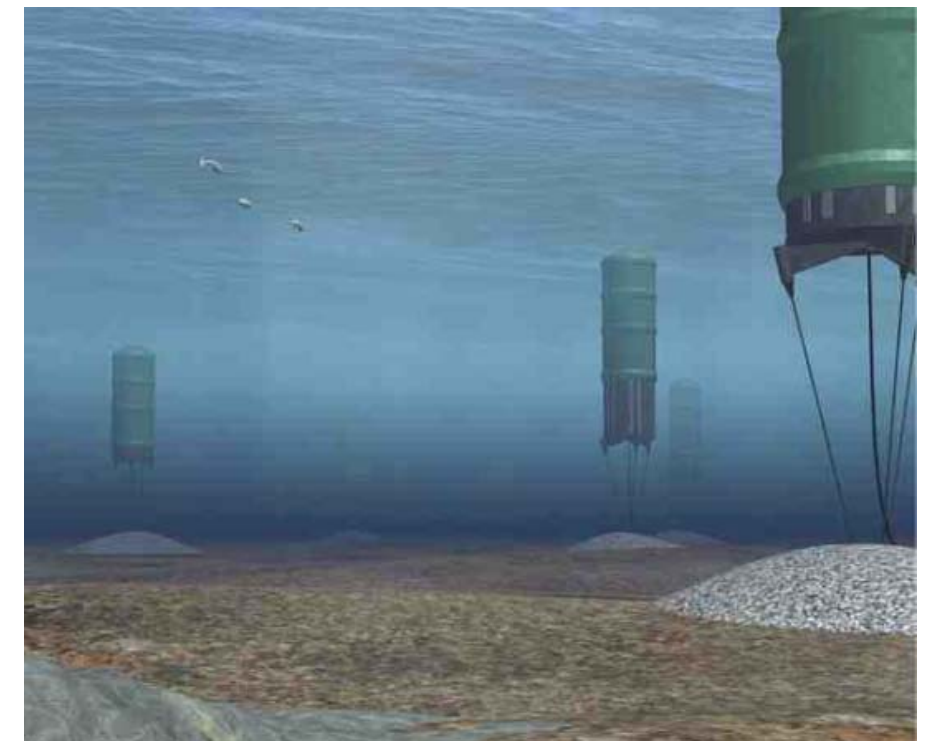
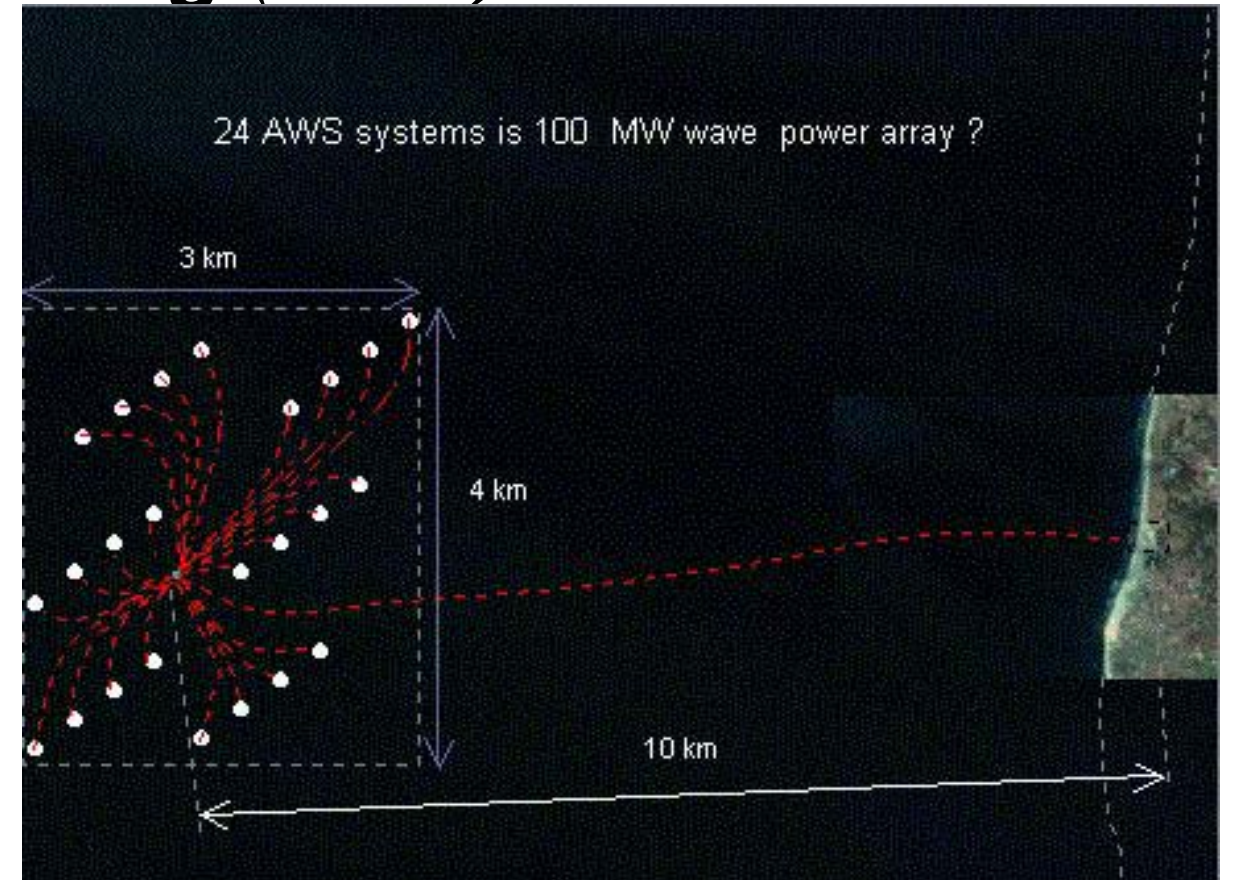


Archimedes Wave Swing (AWS)

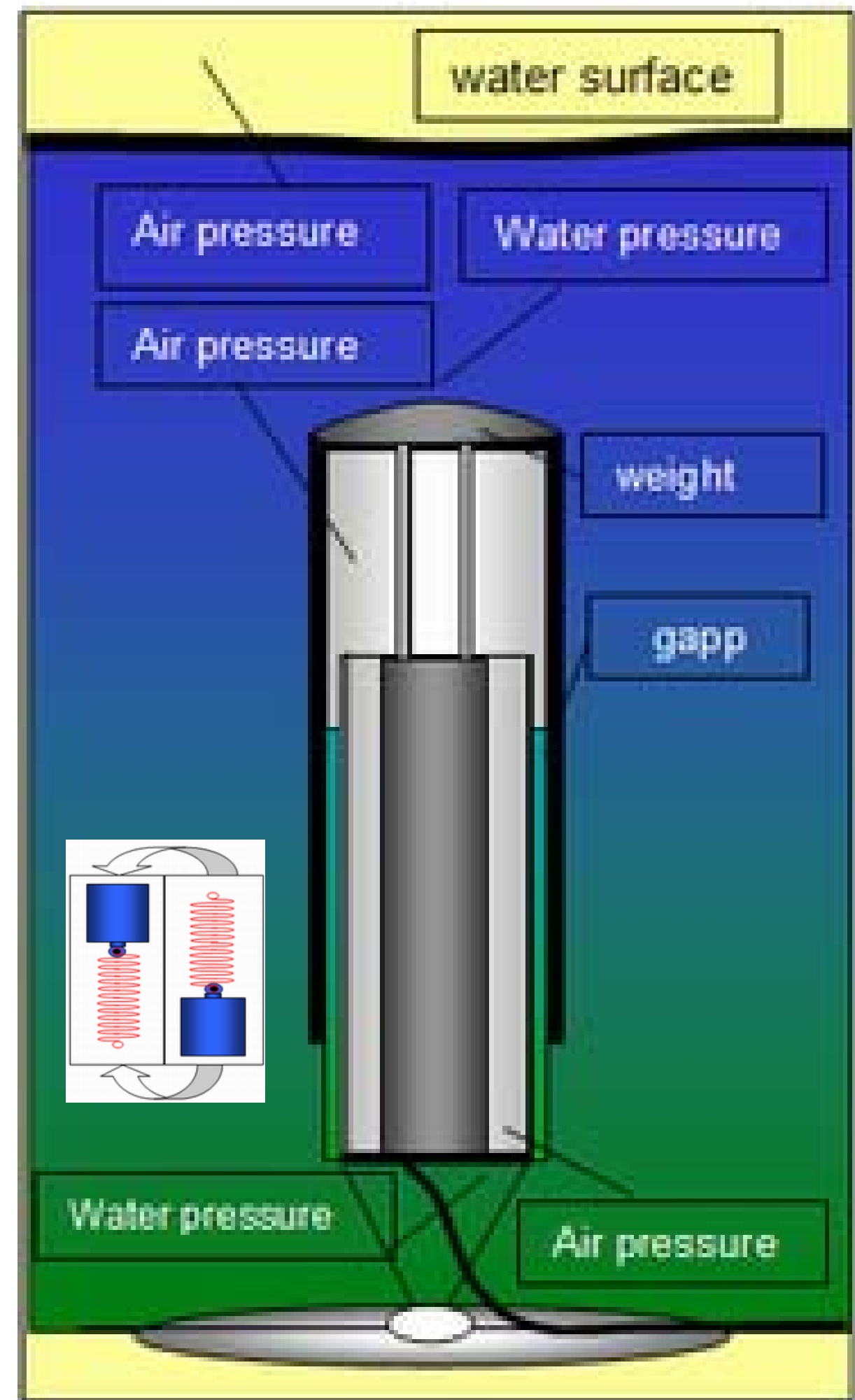
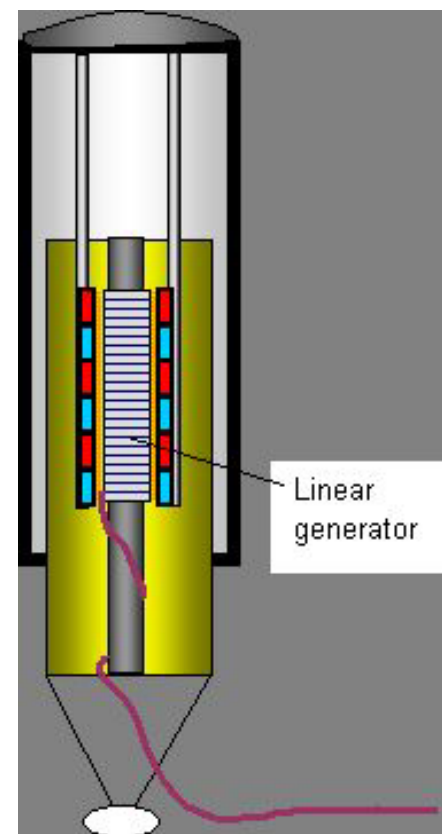
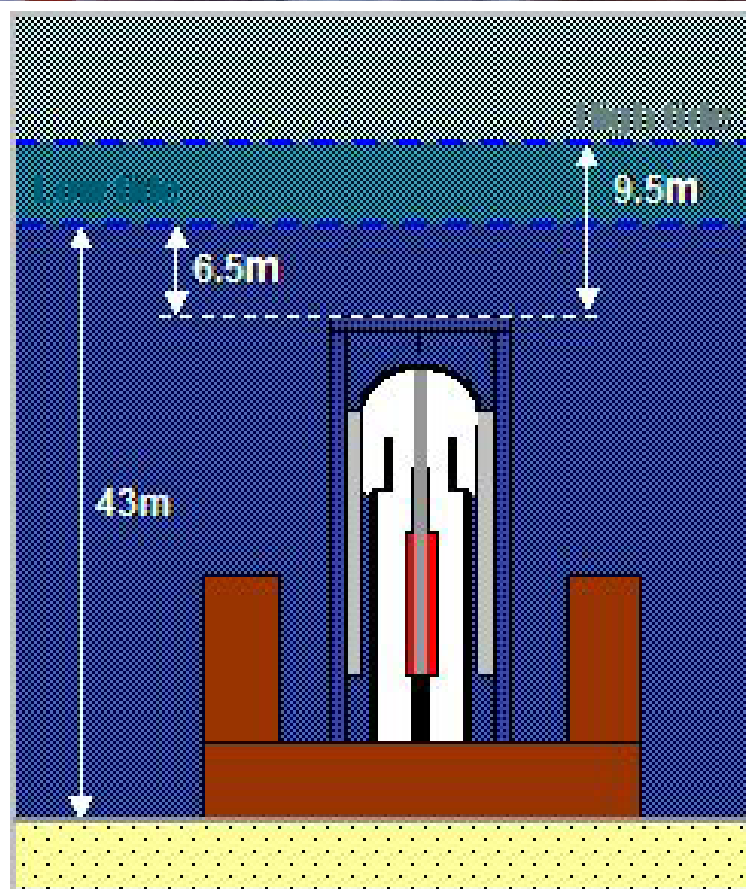
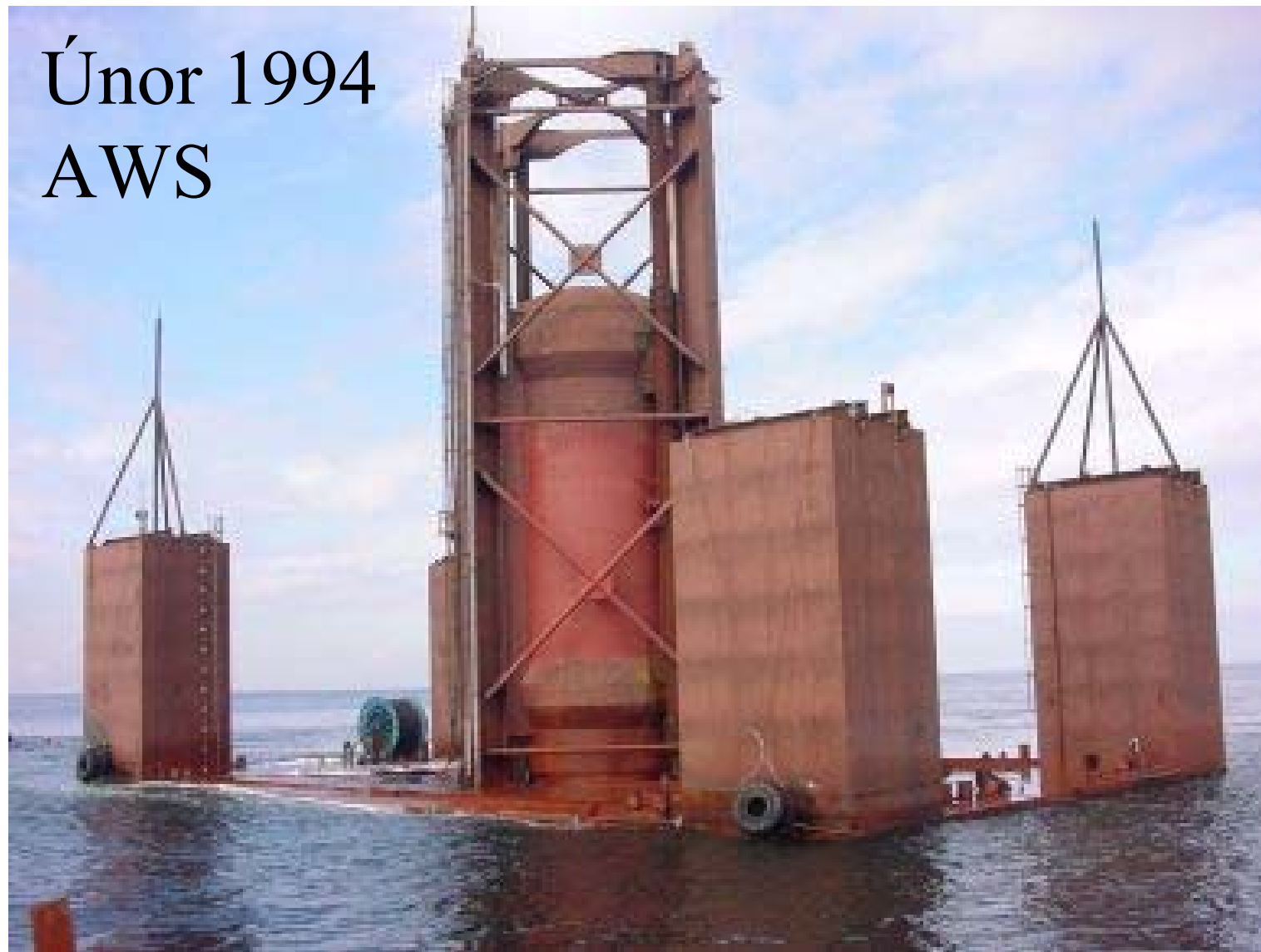
The size of projects can expand to several hundreds of MW in only a limited area.

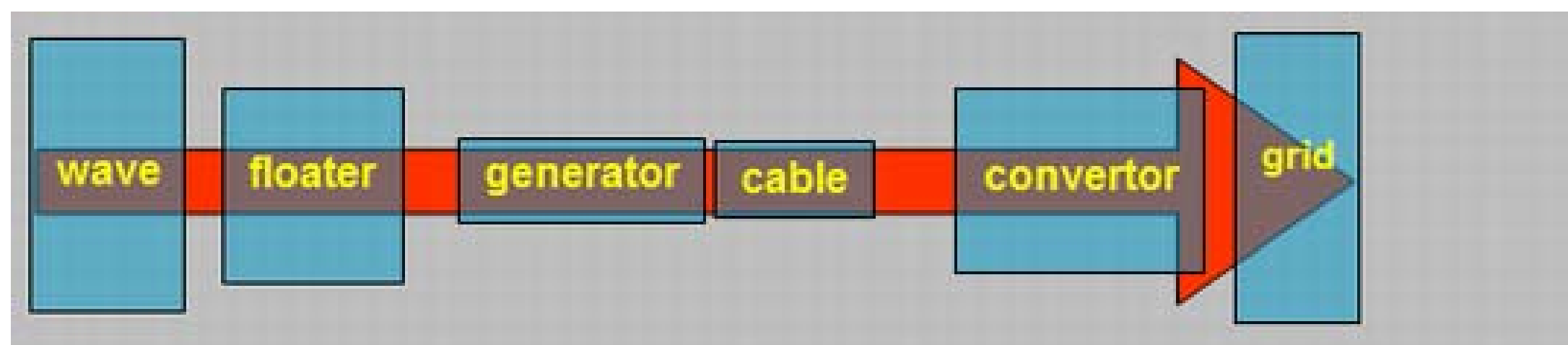
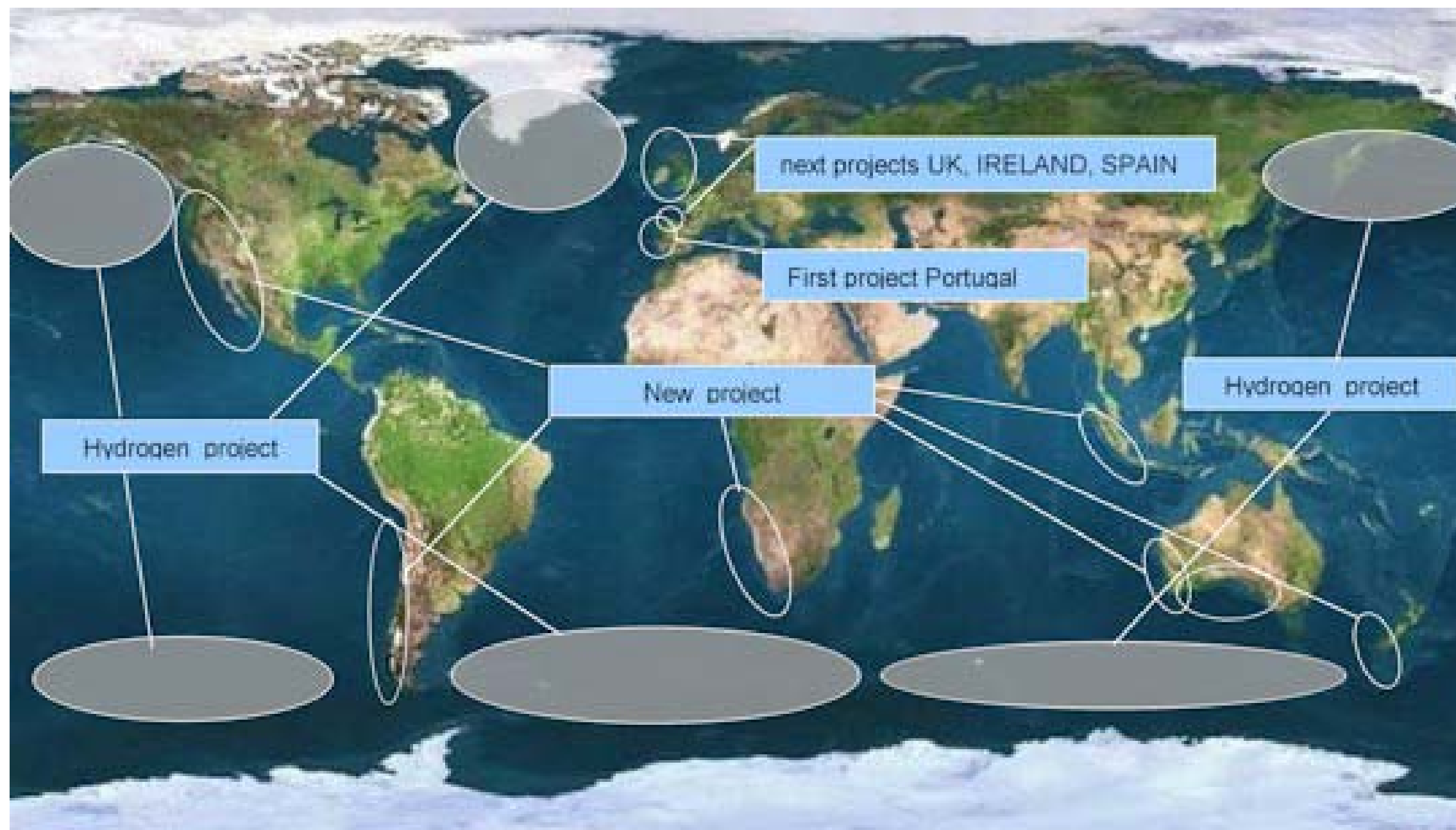
The AWS has many advantages:

1. It is invisible (below sealevel)
2. Only small restricted area for fishing (it is a point absorber)
3. Very low environmental impact
4. Power output is predictable several hours in advance
5. Low installation cost (no crane barges needed)
6. Low maintenance (only one moving part and no gearbox)
7. High power per unit (up to 5-8 MW)
8. Will be supplied by large multinationals

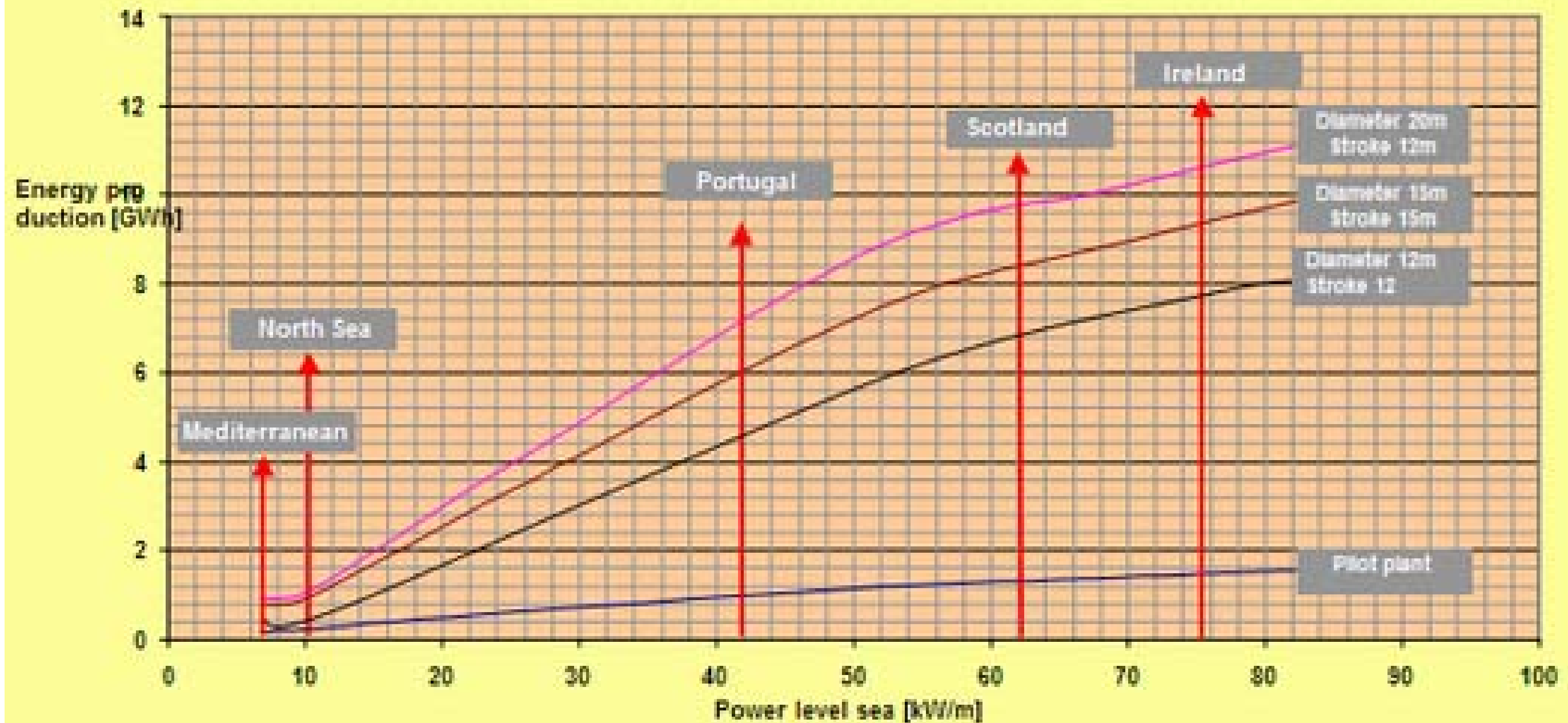


Únor 1994
AWS





Annual energy production per AWS system



EKOLOGIE: Emise – vlnové systémy obecně

Parameter	Value
Emission factor - CO ₂ (kg/TJ)	0
Emission factor - SO ₂ (kg/TJ)	0
Emission factor - NO _x (kg/TJ)	0
Emission factor - Particulates (kg/TJ)	0
Emission factor - VOCs (kg / TJ)	0
Emissions during construction - CO ₂ (kg / TJ)	6840
Emissions during construction - SO ₂ (kg / TJ)	67
Emissions during construction - NO _x (kg / TJ)	28

With so many different designs, the above data should be taken only as indicative

- vizuální dopad
- přenos energie na delší vzdálenosti (ztráty, poškození)

Celkové výhledy - vlny

- **Problematické využití**
- **Nadějně zejména pro izolované objekty bez jiných zdrojů energie**
- **málo perspektivní v krátkodobém horizontu**



- **Nové technologie hledají investory**
- **Možný průlom (dotace, jednoduchost)**

WAVE ENERGY DEVICE CHARACTERISTICS

Parameter	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Typical unit size (MW)				2	3.5	3.5	3.5
Availability factor (%)				94	97	97	97
Operational load factor (%)				64	78	82	82
Self consumption rate (induction gen only) (MW/MW output)				0	0	0	0
Construction time (years)				≤1	≤1	≤1	≤1
Economic lifetime (years)				30	30	30	30
Capital cost (ECU[1990]/kW) lowest				1600	1470	1400	1400
Operation and maintenance cost (ECU[1990]/kW)				32	45	45	45
Fuel cost (ECU[1990]/kWh)				None	None	None	None
Cost of energy derived from above data, using 8% discount rate (ECU/kWh)				0.08	0.07	0.06	0.06
EU installed capacity (TWh/year)	0	0	0	0	0	0.1	0.45
World installed capacity (TWh/year)	0	0	0	0	0	1	5.4

Sources [UK3] and [UK8]

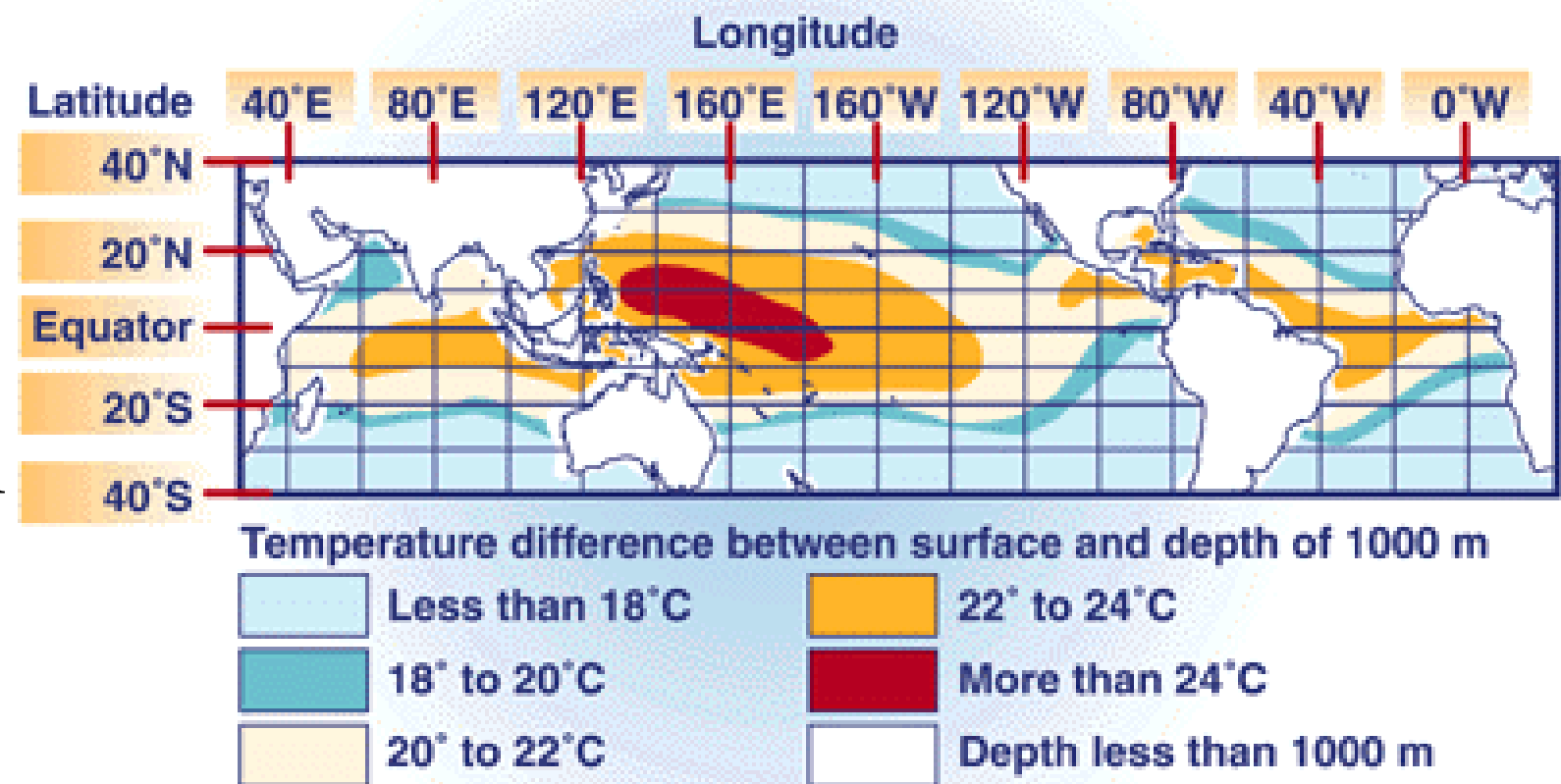
Given the wide range of wave power devices and wave climates, the above costs should be taken as representative.

Termální energie z moře (OTEC)

Ocean Thermal Energy Conversion

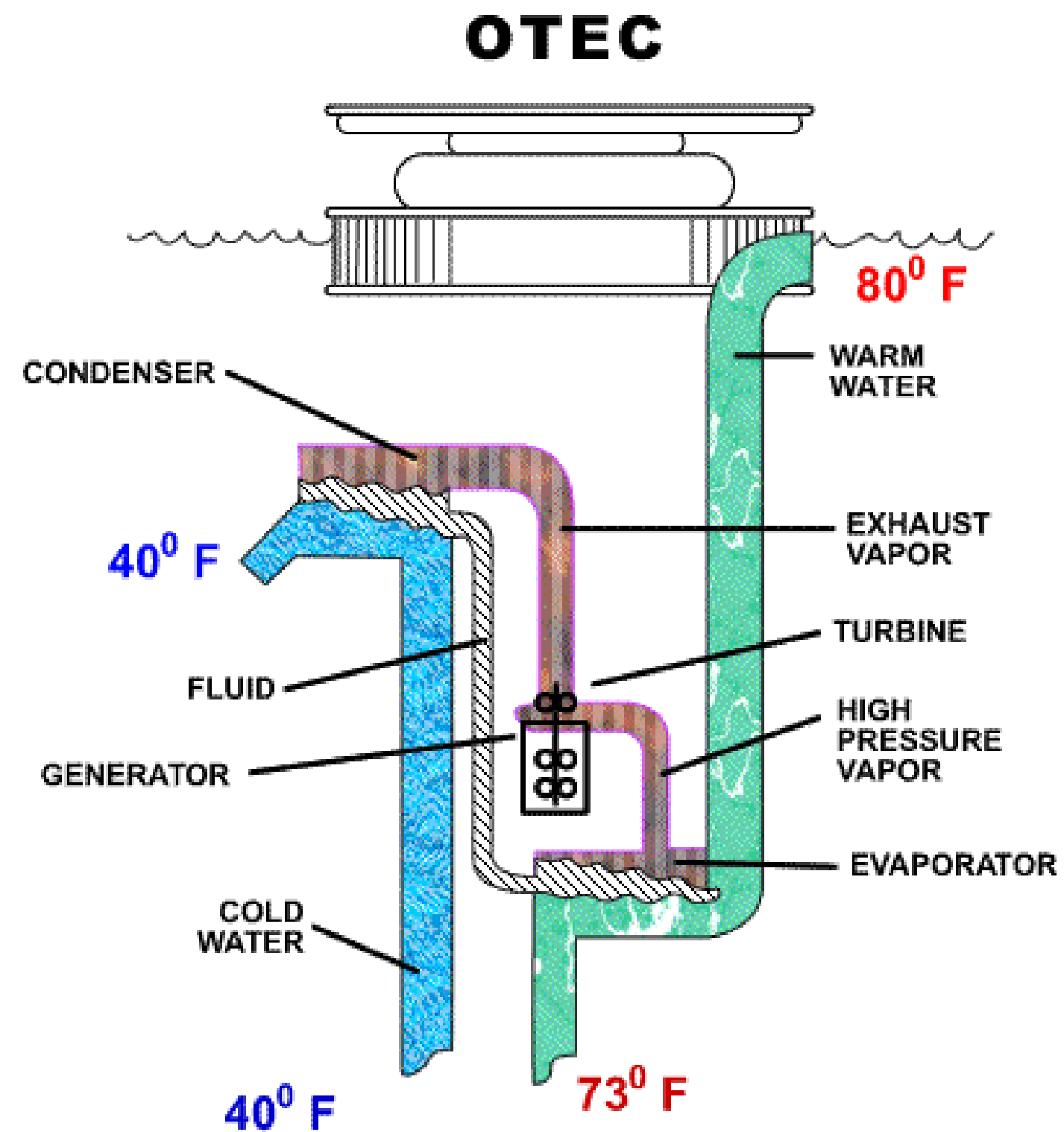
OTEC - úvod

- Termální gradient 20-25°C, hloubka <1000m (5-6°C)

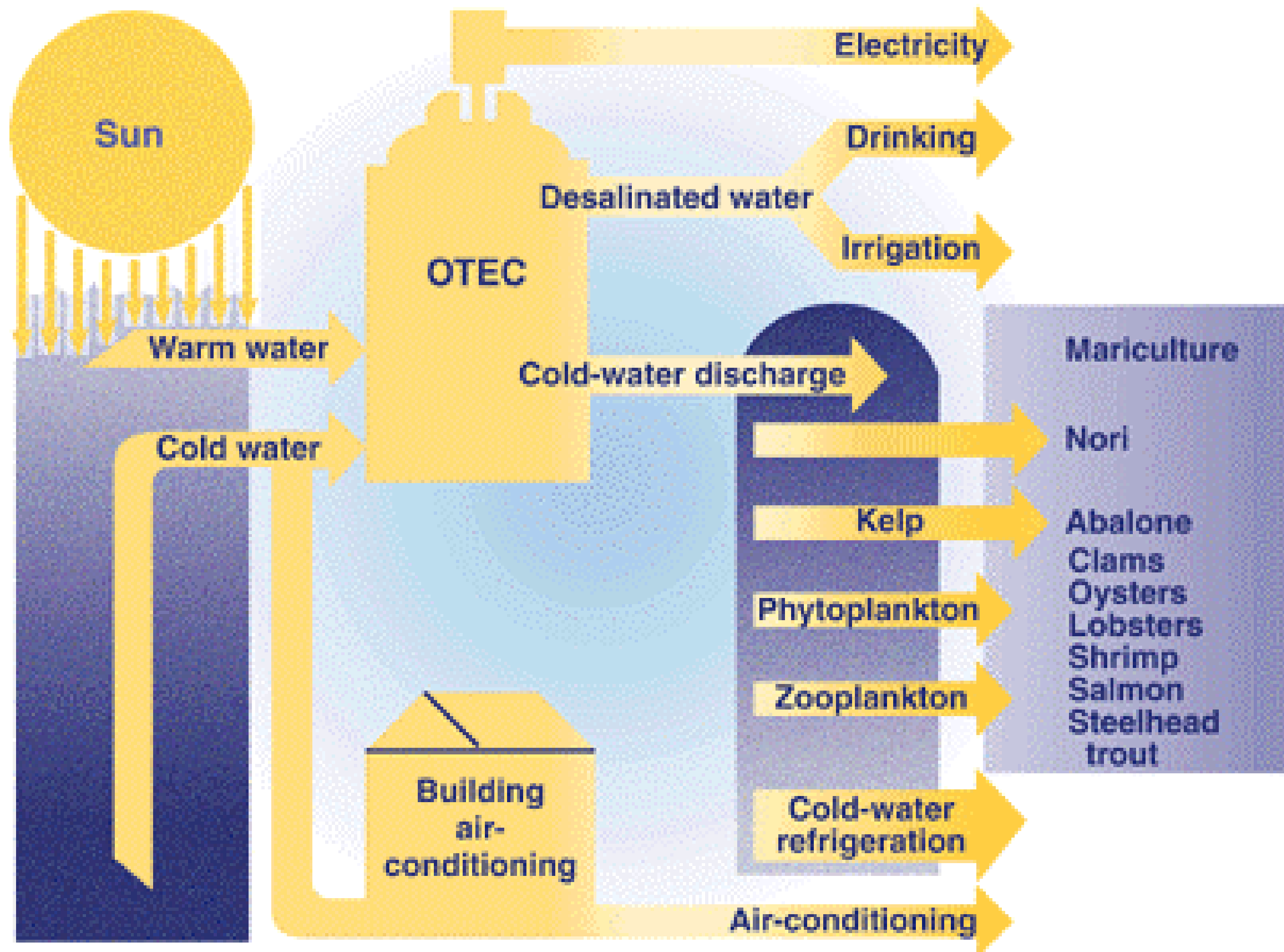


- Tropická oblast (mezi 20°s./j. šířky (USA, Austrálie, 90 teritorií)
- Tropické vody denně absorbují solární energii odpovídající asi 250 mil barelů ropy
- Celkový potenciál moří: 10^{13} W
- účinnost (Carnotův cyklus = 6% teor., skutečná = 2-3%)
- Pumpování velkého množství vody (20-40% celk E)

OTEC – uzavřený cyklus



OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION
CLOSED POWER CYCLE



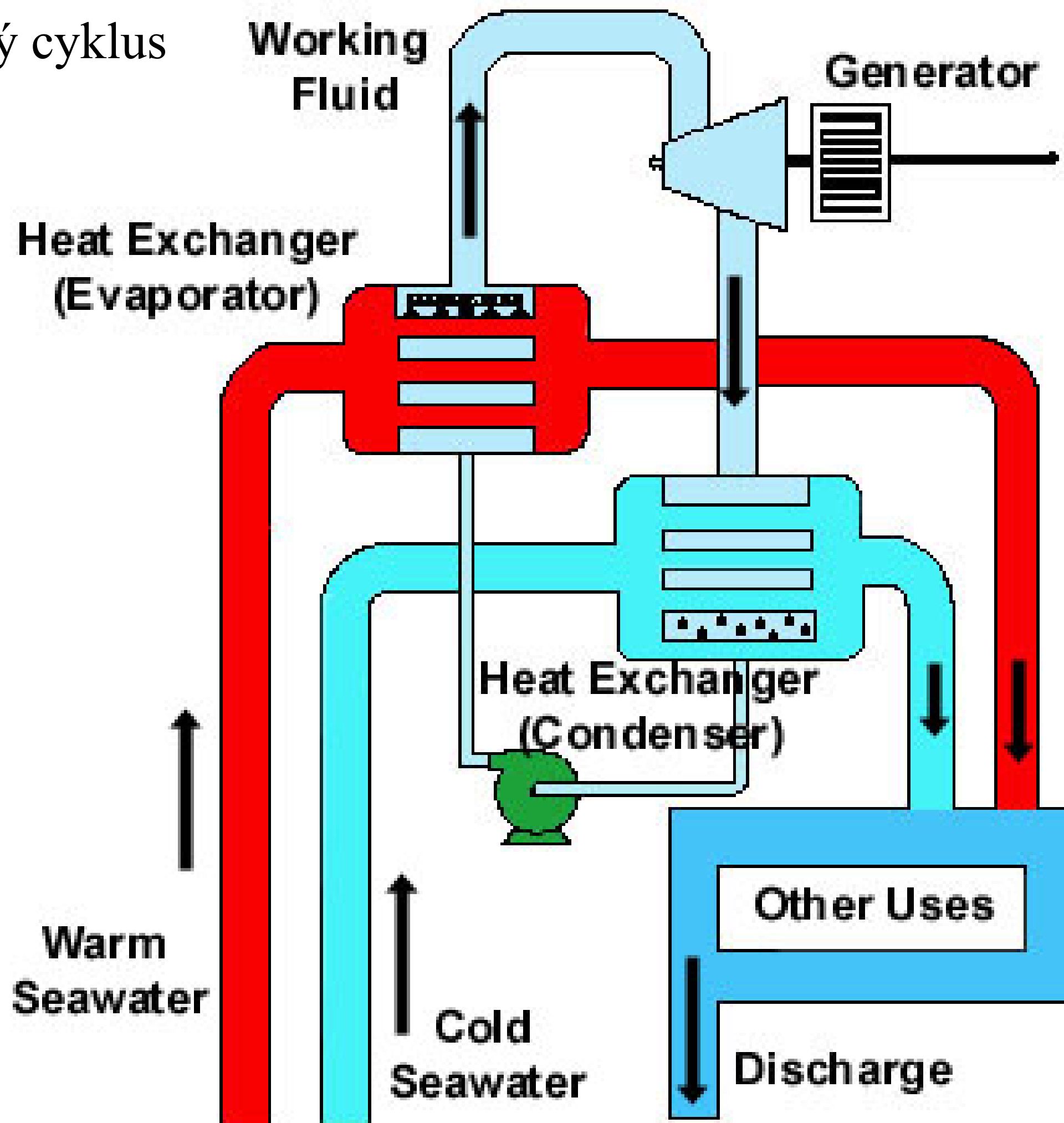
OTEC - Historie

- 1881 Jacques D'Arsonval (Fr) = idea, uzavřený cyklus NH_3
- 1930 Georges Claude (Fr), Kuba, Matanzas, 22kW, otevřený cyklus
- 1935 –“– , Brazílie, nákladní loď /10kt/ = oba zničeny bouří
- 1956 projekt na Z Afriky (Fr) = nerealizoval se
- 1974 NELHA (Natural Energy Laboratory of Hawaii), Keahole Point
- 1979 NELHA 50kWe „Mini-OTEC“, uzavřený cyklus, na lodi
 - produkce (celková = 51kWe, čistá = 15kWe)
- 1981 Japonsko, Rep. of Nauru, Pacific, 100kWe uzavřený cyklus, na zemi, z 580m hloubky, Ti-komponenty, freony, 40kWe čisté produkce
- 1984 „flash“ jednotky s účinností 97 % (původně 70-80%), USA (DOE)
- 1993 NELHA, Havai, 50kWe čisté produkce
- 1999 NELHA, prototyp demontován

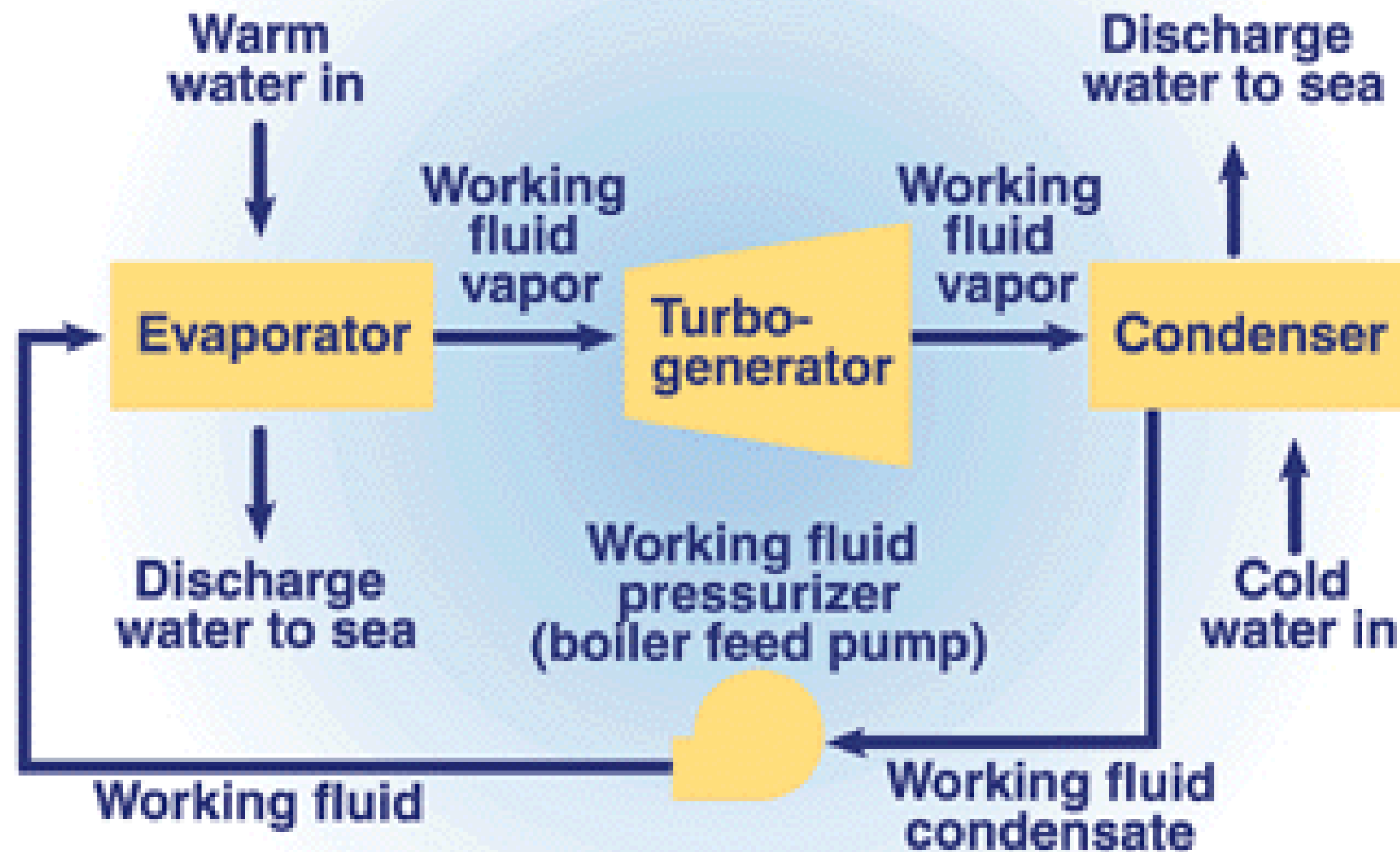
OTEC - Technologie

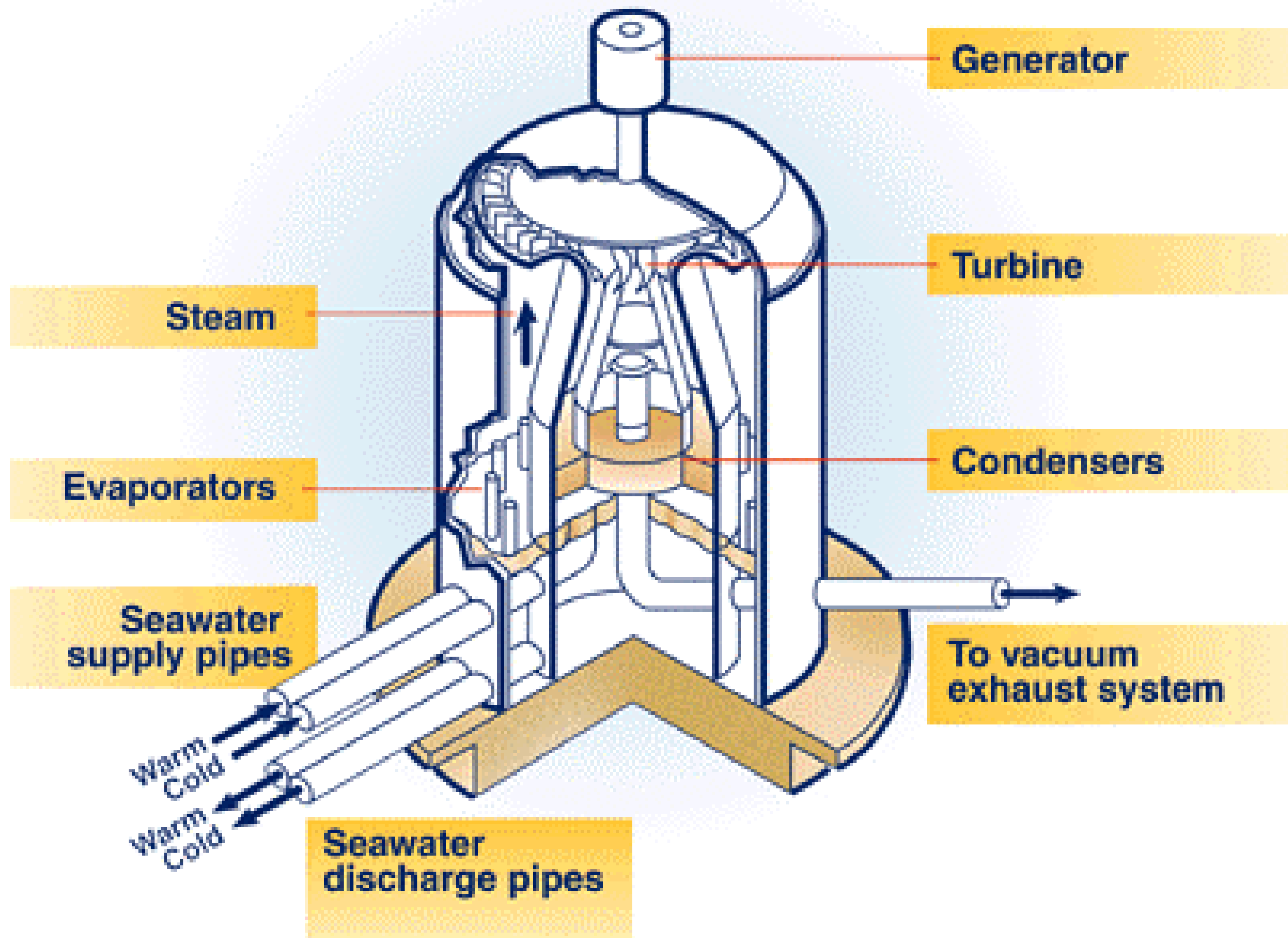
- Umístění:
 - Na pevnině („inshore“)
 - Pevné konstrukce na šelfu („nearshore“, do 100m hloubky, plošiny)
 - Plovoucí zařízení („offshore“)
- Dle způsobu konverze tepelné energie
 - Otevřený cyklus („flash“ – vakuová vaporizace, při 2.4kPa), EE+H₂O
 - Uzavřený cyklus (NH₃), EE
 - Hybridní cyklus (flash produkce páry, která dále ohřívá NH₃), EE+H₂O
- Komponenty:
 - Potrubí (průměry: 1m /studená/, 0.7m /teplá/)
 - Nízkotlaká turbína (200 ot/min), paralení uspořádání (5m průměr)
 - Tepelné výměníky (Cu, Ti, Ti-povrch, Al-slitiny), koroze
 - Evaporizátory (tryskové, plošné)
 - Kondenzační jednotky (přímé chlazení vodou /mísí se/, nepřímé chlazení vodou)

OTEC – uzavřený cyklus



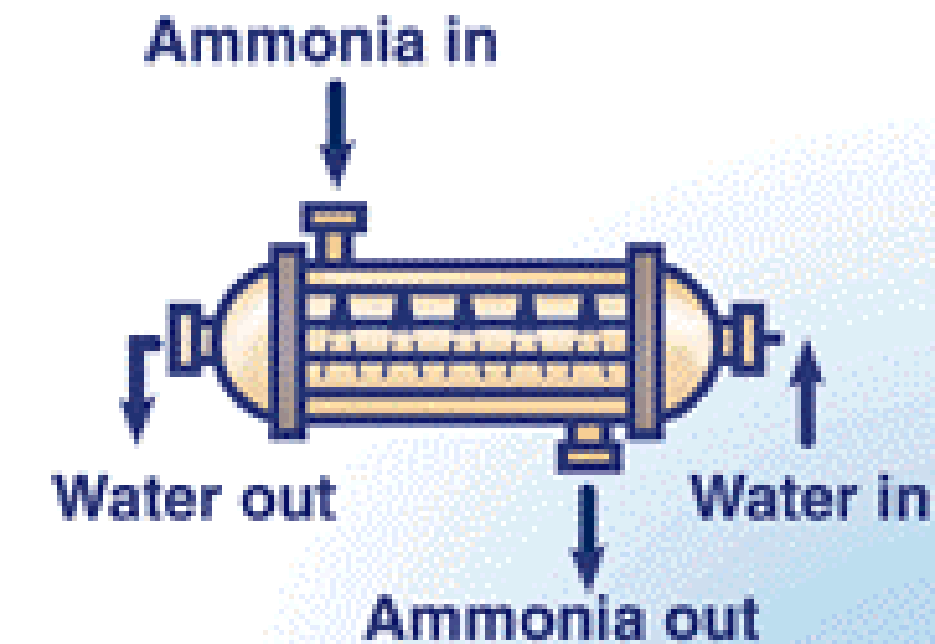
OTEC – uzavřený cyklus



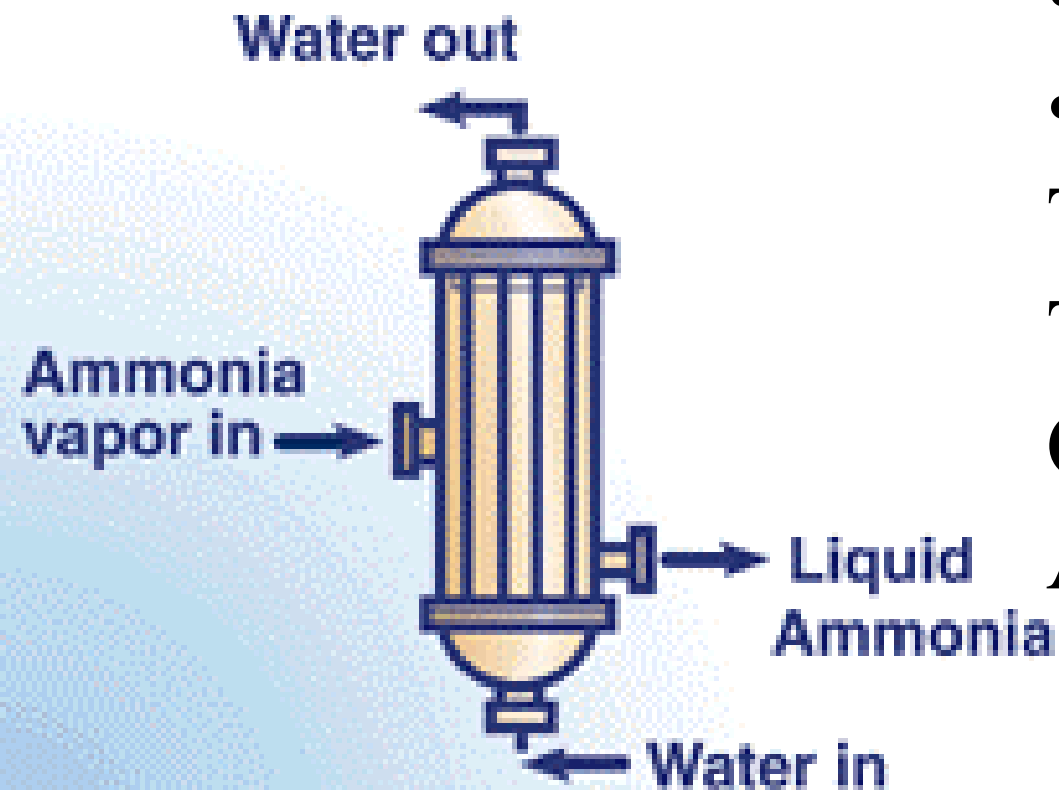


OTEC – uzavřený, či hybridní cyklus, tepelné výměníky

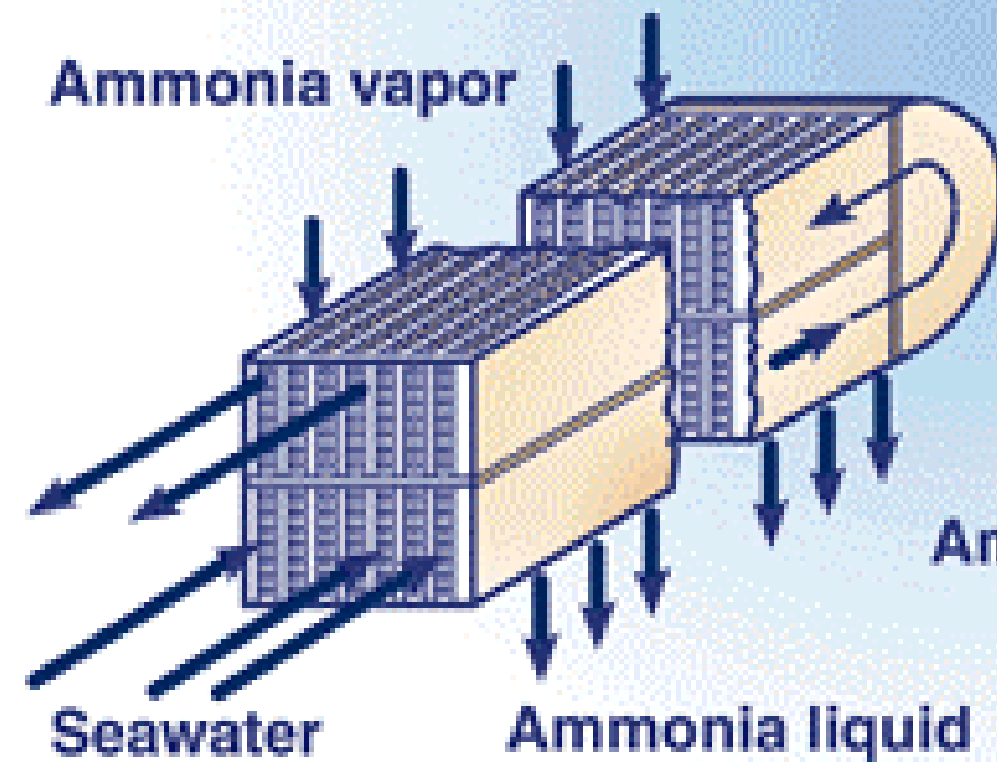
- Drahé
- Koroze
Ti
Ti-pasivace
Cu-slitiny (!NH₃)
Al-slitiny



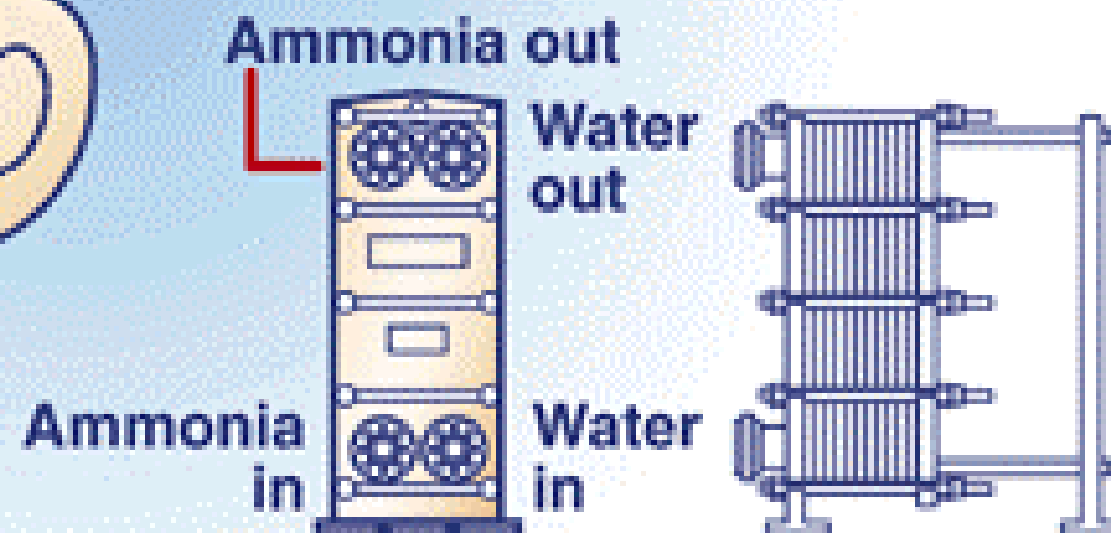
a. Horizontal shell and tube



b. Vertical shell and tube

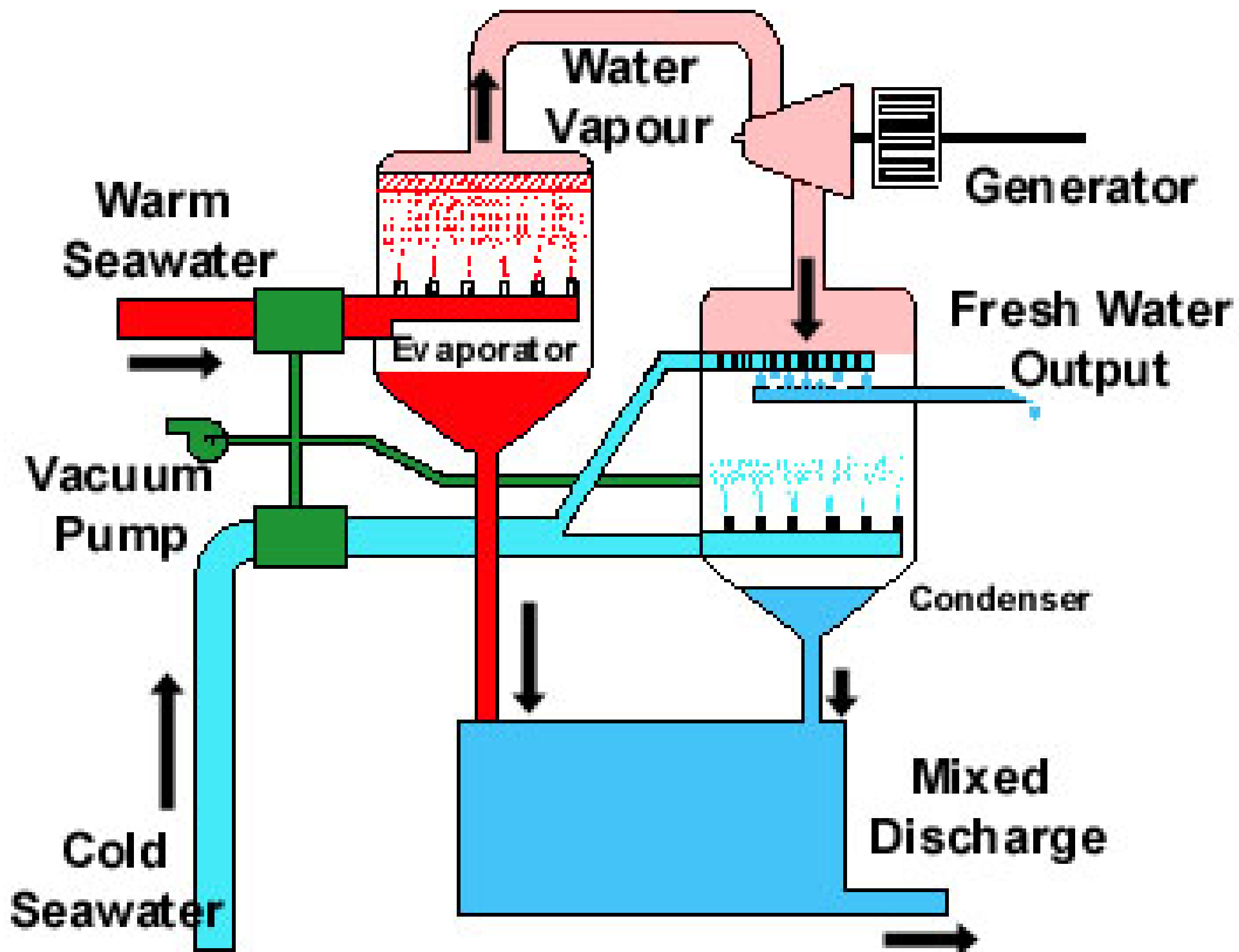


c. Plate and fin

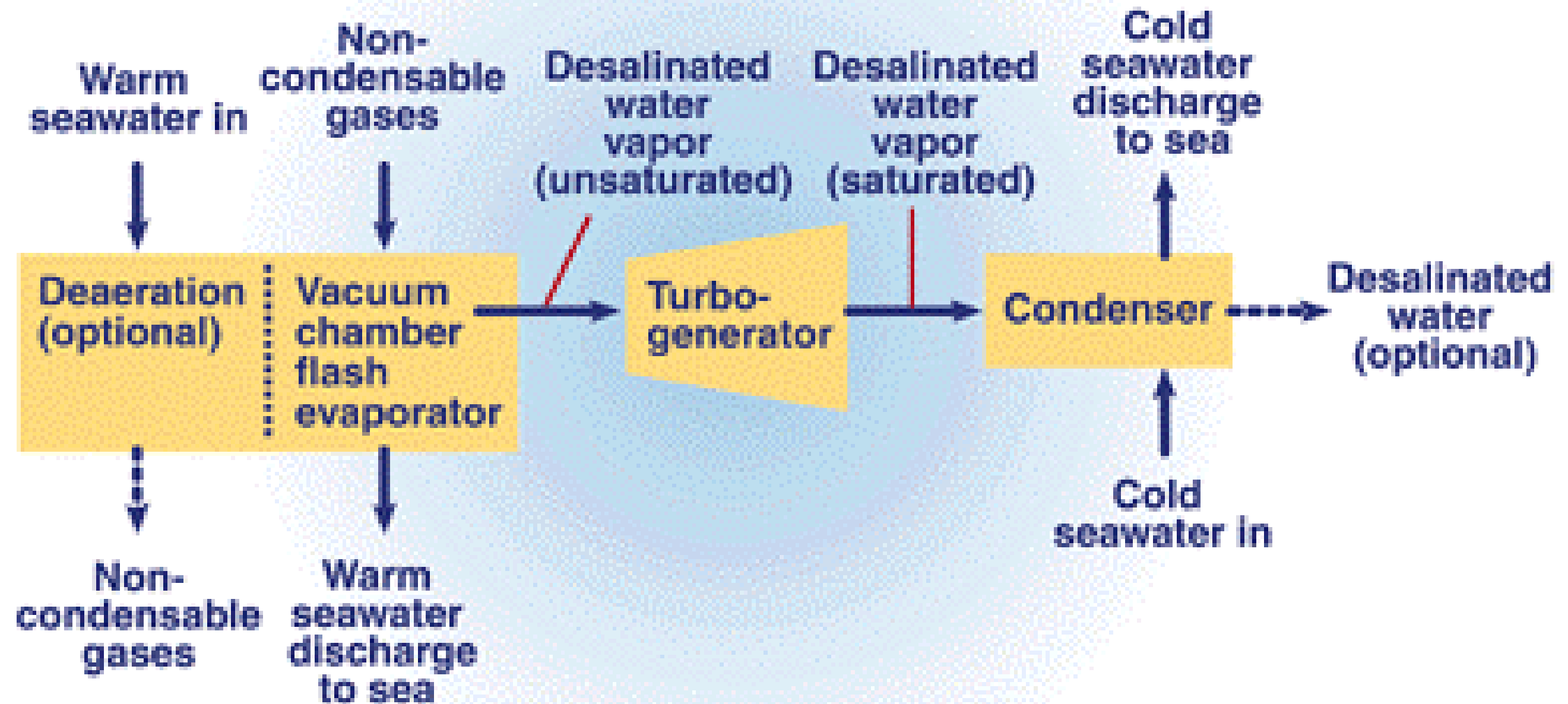


d. Plate and frame

OTEC – otevřený cyklus



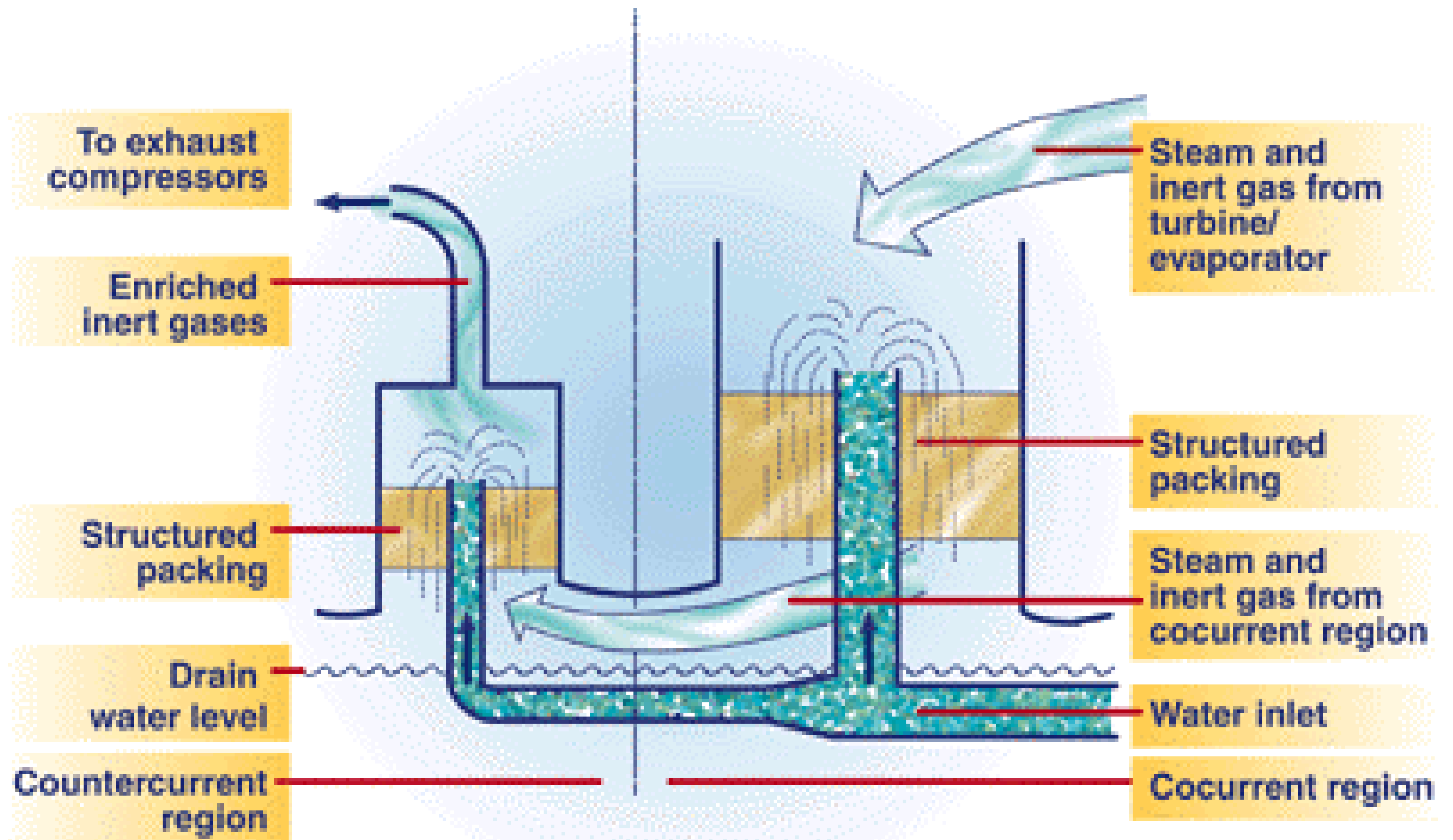
OTEC – otevřený cyklus





OTEC – otevřený cyklus, Havai, NELHA (1992-1999; 210kWe)

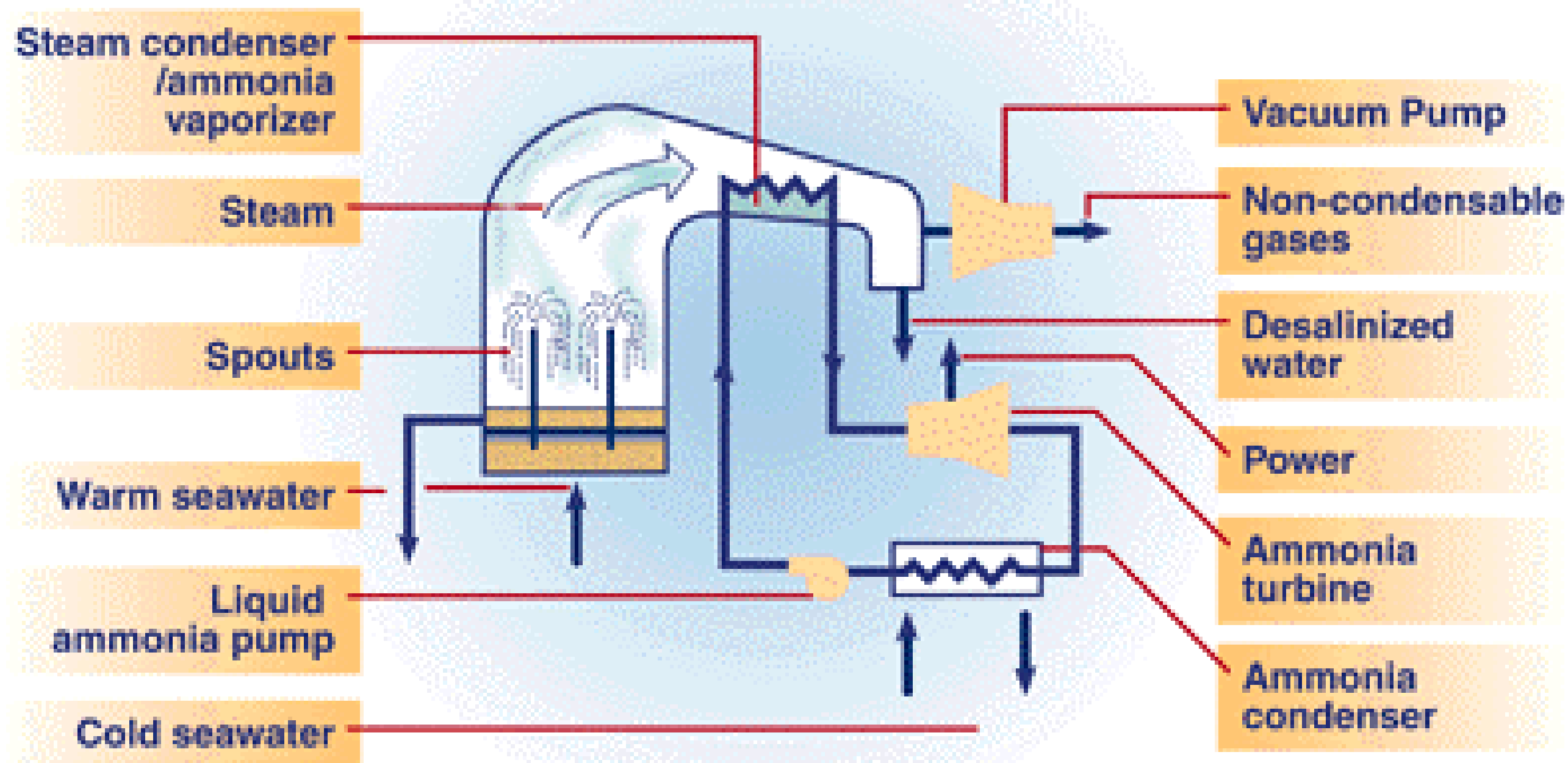
Kondenzační jednotka pro open-cycle



OTEC – hybridní cyklus

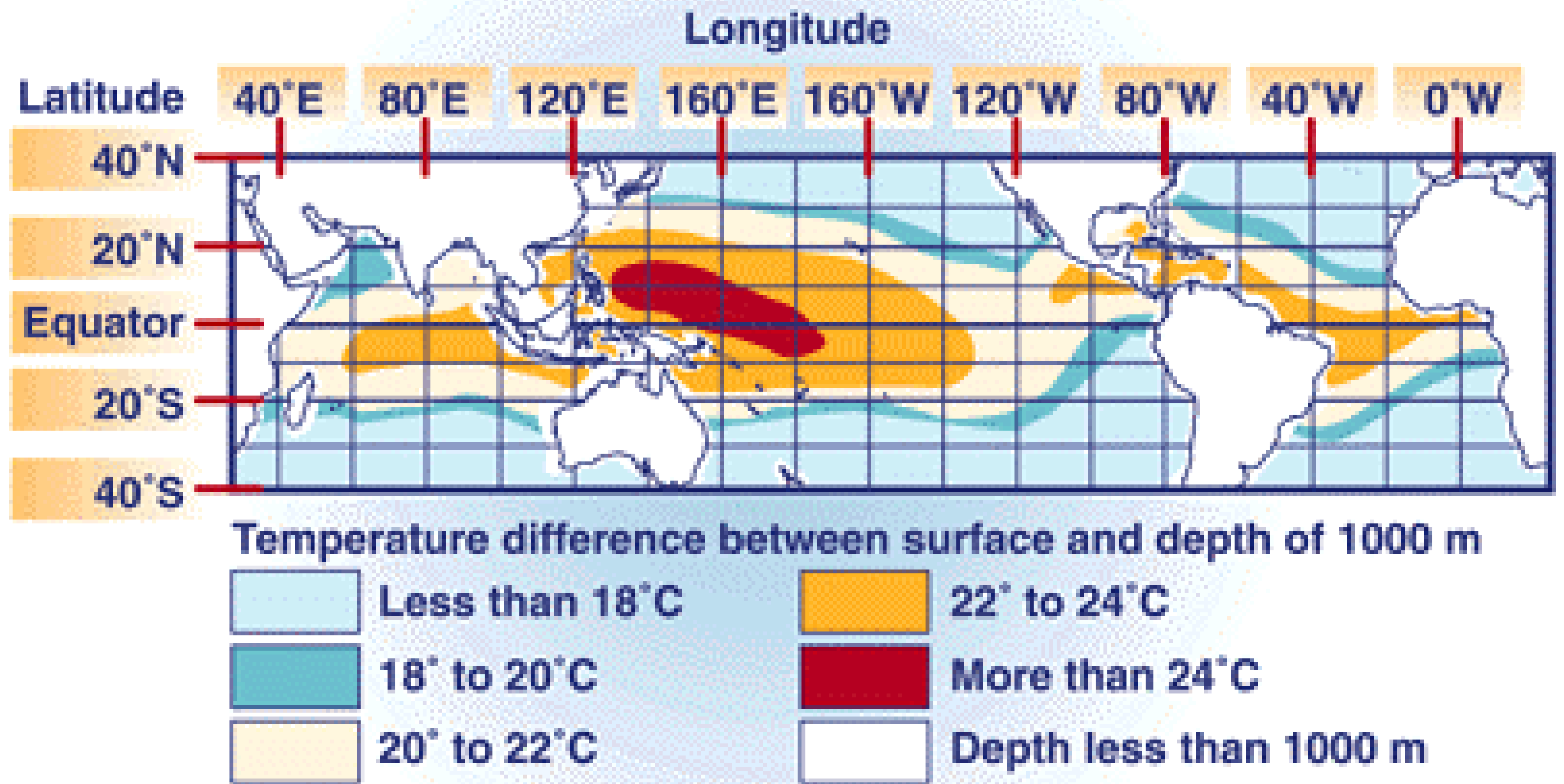
Otevřený
+ H₂O

Uzavřený
+ EE



Možnosti rozšíření

- Teoreticky +/- 20° zš
- Malé ostrovní národy (drahý dovoz ropy, + další produkty: voda, potraviny, EE, ..., ekologie)
- V roce 2010 může být lokálně ekonomická
 - ostrovy v j. Pacifiku (dieselové agregáty, voda) 1MWe
 - Guam, Samoa (10MWe)
 - Havai, 50MWe
 - Mobilní zařízení (Karibik, Pacifik, Indický oc.), 40MWe+



Životní prostředí

- Úniky CO₂ (rozpuštěný ve studené mořské vodě) ~ 7% emisí z fosilních paliv
- Velmi malý negativní vliv
- Produkce potravin z vody bohaté na živiny a chudé na patogenní prvky
- Nutnost pumpování velkého množství vody může být kombinována s extrakcí prvků, kovů, solí z vody

Výhody a nevýhody

Výhody:

- **Možnost 24 hodinové produkce EE bez výkyvů (solární zdroj)**
- Velmi malý negativní vliv na ŽP
- **Velké množství vedlejších produktů:**
 - Sladká voda (pití, zavlažování, zařízení 2MWe ~ 4300m³ vody/den)
 - „Mořské zemědělství“ – potravinová soběstačnost
 - Ochlazování (klimatizace)

Nevýhody:

- Velká technologická zařízení
- Omezeno geograficky

A photograph of a sunset over a dark blue ocean. The sun is a bright, glowing orb in the center of the sky, partially obscured by wispy, light-colored clouds. A brilliant, shimmering path of light reflects the sun's rays down the center of the water's surface. The sky transitions from a pale yellow near the horizon to a deeper blue at the top. The overall mood is serene and peaceful.

Konec